

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Федеральный исследовательский центр
«Коми научный центр Уральского отделения Российской академии наук»

**III ВСЕРОССИЙСКАЯ
(XVIII) МОЛОДЕЖНАЯ НАУЧНАЯ
КОНФЕРЕНЦИЯ
(с элементами научной школы)
«МОЛОДЕЖЬ И НАУКА НА СЕВЕРЕ»**



ТОМ I

Материалы докладов

12–16 марта 2018 г.
Сыктывкар, Республика Коми, Россия

Сыктывкар 2018

МАТЕРИАЛЫ ДОКЛАДОВ III ВСЕРОССИЙСКОЙ (XVIII) МОЛОДЕЖНОЙ НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ «МОЛОДЕЖЬ И НАУКА НА СЕВЕРЕ» (в 2-х томах). Том I. Направление: биологические науки (XXV Всероссийская молодежная научная конференция «Актуальные проблемы биологии и экологии»). Направление: физиология человека и животных («Физиология человека и животных: от эксперимента к клинической практике»). Направление: медицина и здравоохранение («Здоровье человека на Севере»). Направление: фундаментальные науки – медицине («Механизмы функционирования висцеральных систем»). (Сыктывкар, Республика Коми, Россия, 12–16 марта 2018 г.). Сыктывкар, 2018. 176 с. – (ФИЦ Коми НЦ УрО РАН).

В сборнике представлены материалы научных докладов молодых ученых академической, вузовской и отраслевой науки. В докладах рассмотрены теоретические и практические вопросы по направлениям: биологические науки; физиология человека и животных; медицина и здравоохранение; фундаментальные науки – медицине.

Редколлегия:

к.ф.-м.н. О.В. Петрова (отв. редактор),
к.х.н. О.Н. Гребенкина, к.б.н. А.Г. Ивонин, к.г.-м.н. В.А. Матвеев, к.б.н. О.И. Паршукова,
к.и.с. Н.П. Миронова, к.ф.-м.н. А.С. Носов, к.и.н. С.А. Попов, к.б.н. Н.И. Филиппов,
к.т.н. М.Ю. Чукреев, к.б.н. А.С. Шилов, А.Е. Мингалева

Издание осуществлено при поддержке Правительства Республики Коми и Российского фонда фундаментальных исследований (грант РФФИ и Правительства РК № 18-42-11101).

ISBN 978-5-89606-546-3
978-5-89606-548-7

ПРОГРАММНЫЙ КОМИТЕТ

Михальченкова Наталья Алексеевна

заместитель председателя Правительства Республики Коми, министр образования, науки и молодежной политики Республики Коми, сопредседатель

Володин Владимир Витальевич

д.б.н., врио председателя Коми НЦ УрО РАН, сопредседатель

Асхабов Асхаб Магомедович

академик РАН, д.г.-м.н., гл.н.с. Института геологии им. академика Н.П. Юшкина Коми НЦ УрО РАН

Беляев Дмитрий Анатольевич

к.э.н., директор ГПОУ Сыктывкарский гуманитарно-педагогический колледж им. И.А. Куратова

Бойко Евгений Рафаилович

д.м.н., директор Института физиологии Коми НЦ УрО РАН

Бровина Александра Александровна

к.и.н., заведующая отделом гуманитарных междисциплинарных исследований Коми НЦ УрО РАН

Бурцев Игорь Николаевич

к.г.-м.н., врио директора Института геологии им. академика Н.П. Юшкина Коми НЦ УрО РАН

Громов Николай Алексеевич

д.ф.-м.н., директор Физико-математического института Коми НЦ УрО РАН

Гурьева Любовь Александровна

к.юр.н., директор Сыктывкарского лесного института (филиал) ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова

Дёгтева Светлана Владимировна

д.б.н., врио директора Института биологии Коми НЦ УрО РАН

Жеребцов Игорь Любомирович

д.и.н., врио директора Института языка, литературы и истории Коми НЦ УрО РАН

Лаженцев Виталий Николаевич

член-корреспондент РАН, д.геогр.н., гл.н.с. Института социально-экономических и энергетических проблем Севера Коми НЦ УрО РАН

Рубцова Светлана Альбертовна

д.х.н., врио директора Института химии Коми НЦ УрО РАН

Самарин Алексей Викторович

к.и.н., врио заместителя председателя Коми НЦ УрО РАН по научным вопросам

Сотникова Ольга Александровна

д.пед.н., ио ректора ФГБУН ВО Сыктывкарский государственный университет им. Питирима Сорокина

Сотникова Татьяна Александровна

д.э.н., ректор ГОУ ВО Коми республиканская академия государственной службы и управления

Чукреев Юрий Яковлевич

д.т.н., директор Института социально-экономических и энергетических проблем Севера Коми НЦ УрО РАН

ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ

Володин Владимир Витальевич

д.б.н., врио председателя Коми НЦ УрО РАН, председатель

Петрова Ольга Викторовна

м.н.с. Физико-математического института Коми НЦ УрО РАН, председатель Совета молодых ученых Коми НЦ УрО РАН, сопредседатель

Полле Андрей Яковлевич

к.х.н., ученый секретарь Коми НЦ УрО РАН, секретарь

Аверин Александр Викторович

к.псих.н., заместитель директора Института педагогики и психологии ФГБОУ ВО Сыктывкарский государственный университет им. Питирима Сорокина

Афанасьева Маргарита Александровна

главный специалист-эксперт отдела профессионального образования и науки Министерства образования, науки и молодежной политики Республики Коми

Гуляева Сабина Тахировна

председатель Совета молодых ученых и специалистов Республики Коми

Гребёнкина Ольга Николаевна

н.с., председатель Совета молодых ученых Института химии Коми НЦ УрО РАН

Еремеева Людмила Эмировна

доцент, куратор учебно-инновационной лаборатории «Полигон инновационных идей» Сыктывкарского лесного института (филиал) ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова

Ивонин Алексей Геннадьевич

к.б.н., н.с., председатель Совета молодых ученых филиала Коми НЦ УрО РАН Выльгортская научно-экспериментальная биологическая станция

Кораблева Наталья Николаевна

к.мед.н., доцент, директор Медицинского института ФГБОУ ВО Сыктывкарский государственный университет им. Питирима Сорокина

Лысенкова Екатерина Леонидовна

преподаватель высшей категории ГПОУ Сыктывкарский гуманитарно-педагогический колледж им. И.А. Куратова

Матвеев Владимир Анатольевич

к.г.-м.н., н.с., председатель Совета молодых ученых Института геологии им. академика Н.П. Юш-кина Коми НЦ УрО РАН

Мингалева Алена Егоровна

м.н.с. Физико-математического института Коми НЦ УрО РАН

Миронова Наталья Петровна

к.и.н., н.с. отдела гуманитарных междисциплинарных исследований Коми НЦ УрО РАН

Носов Леонид Сергеевич

к.ф.-м.н., заведующий кафедрой информационной безопасности ФГБОУ ВО Сыктывкарский государственный университет им. Питирима Сорокина

Паршукова Ольга Ивановна

к.б.н., н.с., председатель Совета молодых ученых Института физиологии Коми НЦ УрО РАН

Попов Дмитрий Александрович

начальник Центра стратегических исследований и проектов ГОУ ВО Коми республиканская академия государственной службы и управления

Попов Сергей Александрович

к.и.н., с.н.с., председатель Совета молодых ученых Института языка, литературы и истории Коми НЦ УрО РАН

Попова Светлана Александровна

н.с. Института химии Коми НЦ УрО РАН

Филиппов Николай Ильич

к.б.н., н.с., председатель Совета молодых ученых Института биологии Коми НЦ УрО РАН

Чукреев Михаил Юрьевич

к.т.н., председатель Совета молодых ученых Института социально-экономических и энергетических проблем Севера Коми НЦ УрО РАН

Шилов Александр Сергеевич

к.б.н., н.с. филиала Коми НЦ УрО РАН Выльгортская научно-экспериментальная биологическая станция, руководитель НОЦ «Проблемы физиологии и физической реабилитации» ФГБОУ ВО Сыктывкарский государственный университет им. Питирима Сорокина

БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

ПЛЕНАРНЫЙ ДОКЛАД

СОСТАВ ГУМУСОВЫХ ВЕЩЕСТВ БУГРИСТЫХ БОЛОТ КРИОЛИТОЗОНЫ КАК МАРКЕРОВ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

Р.С. Василевич

Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар
E-mail: vasilevich.r.s@ib.komisc.ru

Мерзлотные реликтовые бугристые болота тундры, лесотундры и крайнесеверной тайги представляют исключительный интерес в изучении процессов изменения климата. Имеющийся тренд на потепление климата в первую очередь касается высоких широт (Smith, Riseborough, 2002; Гончарова и др., 2015). Маркеры глобального изменения климата химического и биологического происхождения уже активно используются исследователями для реконструкции климата прошлого и современных условий окружающей среды в северных широтах (Schouten et al., 2007). В последние десятилетия появились работы, показывающие, что гумусовый профиль фиксирует не только климатические условия периода его формирования, но даже кратковременные изменения природной среды, кодируя в своем составе стадии и фазы развития почв, которые можно диагностировать и при отсутствии явно выраженных морфологических реликтовых признаков (Hedges, 1988; Каласс, Дергачева, 2007).

Цель работы – исследование состава гумусовых веществ (ГВ) бугристых болот криолитозоны и выявление дескрипторов состава, маркирующих климатические параметры голоцена.

Исследования проведены в пределах бугристо-мочажинного комплекса на сухоторфяных мерзлотных почвах бугров (Cryic Histosols) и почвах оголенных торфяных пятен (Cryic Turbic Histosols) в северной лесотундре (бассейн р. Сейда) и крайнесеверной тайге (бассейн р. Большая Инта) Республики Коми. Послойный отбор проб проведен до глубины 2.0 м. По исследованным характеристикам почвы оголенных торфяных пятен однотипны сухоторфяным мерзлотным почвам бугров и отличаются только по температурным режимам сезонно-талого слоя, что может служить модельной основой прогноза изменения структурно-функциональных параметров ГВ при изменении современных климатических условий.

На основании детального анализа структурно-функциональных параметров гуминовых (ГК) и фульвокислот (ФК) изученных торфяных почв для двух климатических зон европейского северо-востока России установлены единые закономерности трансформации молекулярного состава ГВ. Показано четкое разделение торфяных слоев исследуемых торфяников, диагностируемое по ботаническому составу (смена растительных сообществ с типичных олиготрофных на мезотрофные и эвтрофные виды), физико-химическим характеристикам (рН, ОВП, обменные основания) на верхнюю часть, совпадающую с сезонно-талым слоем (СТС), в которой происходят современные процессы почвообразования и слои многолетнемерзлых пород (ММП), находящиеся в законсервированном состоянии длительное время. Эти слои четко маркируются по составу молекулярных фрагментов и групп гумусовых кислот. В результате работы установлено, что изменение показателей молекулярного состава (дескрипторов состава) гуминовых кислот: мольного соотношения $x(H):x(C)$, доли алифатических и ароматических фрагментов, по данным ^{13}C -ЯМР спектроскопии, для ГК по профилю торфяников обусловлено активизацией криогенных процессов в верхней части сезонно-талого слоя, процессами естественного отбора конденсированных структур молекул ГВ, ботаническим составом и степенью разложения торфа, отражают климатические особенности территории в голоцене. Профильное распределение $x(H):x(C)$ и соотношение доли ароматических к алифатическим фрагментам ГК указывает на более высокую степень гумификации органического материала нижних горизонтов, связанную с более благоприятными климатическими параметрами атлантического и суббореального периодов голоцена. Сезонно-талый слой мерзлотных торфяников представляет современный этап преобразования органического вещества, которое под влиянием биохимических процессов подверже-

но изменению, наиболее активно проявляющемуся для разреза почв без растительного покрова. Именно с этим связана меньшая конденсированность молекул гумусовых веществ торфяных горизонтов до верхней границы многолетней мерзлоты. Об этом также свидетельствуют данные ^{13}C -ЯМР, показывающие доминирование в составе ГК СТС структурных фрагментов алифатической природы, над биотермодинамически устойчивыми ароматическими фрагментами. На границе СТС происходит перераспределение состава ароматических и парафиновых фрагментов молекул, обусловленное как криогенными процессами, ботаническим составом переходных слоев, так и изменением окислительно-восстановительного режима переходных слоев. Последнее положение может быть связано с изменением уровня грунтовых вод в периферии голоцена.

Структурно-функциональные параметры ГК крайнесеверной тайги показывают более высокий уровень гумификации органического материала в СТС по сравнению с торфяниками лесотундры, что обусловлено более высокими показателями суммы положительных температур в период календарного лета. Климатические параметры в большей степени оказывают влияние на состав гидрофобных компонентов молекул ГВ, проявляющиеся в увеличении соотношения AR/AL в почвах крайнесеверной тайги по сравне-

нию с лесотундровой зоной. Доля окисленных ароматических фрагментов (фенольных групп) более южной почвы также несколько выше. Содержание других кислородсодержащих групп в молекулах ГК исследуемых почв практически одинаково.

ЛИТЕРАТУРА

Температурные режимы северотаежных почв Западной Сибири в условиях островного распространения многолетнемерзлых пород / О.Ю. Гончарова, Г.В. Матышак, А.А. Бобрик, Н.Г. Москаленко, О.Е. Пономарева // Почвоведение. 2015. № 12. С. 1462–1473. DOI: 10.7868/S0032180X15100032.

Каласс Е.В., Дергачева М.И. Гумусовый профиль почв как отражение стадийности почвообразования // Сибирский экологический журнал. 2007. № 5. С. 711–717.

Hedges J.I. Polymerization of humic substances in natural environment // Humic substances and their role in the environment. 1988. P. 45.

Schouten S., Woltering M., Rijpstra W.I.C., Sluijs A., Brinkhuis H., Sinninghe Damsté J.S. The Paleocene-Eocene carbon isotope excursion in higher plant organic matter: differential fractionation of angiosperms and conifers in the Arctic // Earth and Planetary Science Letters. 2007. V. 258. P. 581–592. DOI:10.1016/j.epsl.2007.04.024.

Smith M.W., Riseborough D.W. Climate and the limits of permafrost: a zonal analysis // Permafrost and Periglacial Processes. 2002. V. 13. № 1. P. DOI:1–15. 10.1007/s11430-009-0198-5.

Секция 1 ИЗУЧЕНИЕ, ОХРАНА И РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАСТИТЕЛЬНОГО МИРА

ФОТОТРОФНЫЕ МИКРООРГАНИЗМЫ ЛУГОВЫХ ФИТОЦЕНОЗОВ В РАЙОНЕ ОБЪЕКТА УНИЧТОЖЕНИЯ ХИМИЧЕСКОГО ОРУЖИЯ «МАРАДЫКОВСКИЙ» ПОСЛЕ ПРЕКРАЩЕНИЯ ЕГО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ

К.А. Безденежных¹, Л.В. Кондакова^{1, 2}

¹ Вятский государственный университет, г. Киров

² Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар

E-mail: karina.bezdenezhnykh@mail.ru; usr11521@vyatsu.ru

Являясь азональным типом растительности, луга занимают около 7% от территории Кировской области. В луговых почвах, благодаря устойчивой влажности и преобладанию дернового процесса, формируются наиболее сложные синузии водорослей и цианобактерий (ЦБ), для которых характерны богатый видовой состав, разнообразие жизненных форм и распространение их по всему корнеобитаемому слою (Штина и др., 1998).

Цель исследования – изучение фототрофных микроорганизмов луговых фитоценозов в районе объекта уничтожения химического оружия «Марадыковский» после завершения его функционирования.

В 2016–2017 гг. в луговых фитоценозах системы комплексного экологического мониторинга района объекта «Марадыковский» были отобраны почвенные образцы для альгологических исследований. Изучаемые луговые экосистемы находятся на территории Оричевского района Кировской области, участки расположены на разном удалении от объекта. В качестве контрольной территории был выбран участок суходольного луга, находящийся в юго-восточном направлении от объекта на расстоянии 9.81 км. Видовой состав альгофлоры изучали постановкой чашечных культур со стеклами обрастания (Штина, Голлербах, 1976), численность клеток определяли прямым микроскопированием на мазках (Домрачева, 2005).

После прекращения функционирования объекта в почвах луговых экосистем участков мониторинга выявлено 95 видов почвенных водорослей и ЦБ, таксономический состав альгофлоры представлен четырьмя основными отдами почвенных водорослей: Cyanobacteria – 28 вида (29.5%), Chlorophyta – 42 видов (44.2%), Ochrophyta – 16 (16.8) и Bacillariophyta – девять (9.5%). В составе альгофлоры преобладают зеленые водоросли и цианобактерии, что было отмечено и до начала функционирования

объекта. В составе альгосинузий луговых экосистем преобладали зеленые водоросли (36.5%) и цианобактерии (33.5), желтозеленые составляли 17.6, диатомовые – 13.0% (Кондакова, Домрачева, 2007).

Согласно проведенным исследованиям альгофлоры, после завершения функционирования объекта «Марадыковский» в почвах суходольных лугов в составе доминирующего комплекса также преобладали представители зеленых водорослей и цианобактерий. Доминирующий комплекс микрфототрофов представлен следующими видами: *Chlamydomonas gloeogama*, *Chlorococcum infusionum*, *Chlorella vulgaris* (Chlorophyta); *Phormidium Jadinianum*, *Ph. formosum* и *Leptolyngbya angustissima* (Cyanobacteria); *Characiopsis minima*, *Pleurochloris commutata* (Ochrophyta) и *Hantzschia amphioxys*, *Pinnularia borealis*, *Nitzschia palea* (Bacillariophyta).

Спектр жизненных форм альгофлоры суходольных лугов: $X_{16}C_{16}Ch_{14}P_{14}CF_9B_9hydr_6H_4amph_2PF_1M_1$, на первое место выходят представители X-формы (18%), это теневыносливые одноклеточные желтозеленые и многие зеленые водоросли, предпочитающие условия жизни среди почвенных частиц. На второе – представители C-формы (17%) – это одноклеточные, колониевые или нитчатые формы, обитающие как в толще почвы, так и на ее поверхности, способные образовывать обильную слизь. Согласно данным Т.И. Алексахиной и Э.А. Штиной, спектр жизненных форм водорослей в лесных почвах характеризуется резким преобладанием двух жизненных форм – X и C (Алексахина, Штина, 1984).

Состав альгофлоры пойменных лугов отличен от суходольных. В почвах пойменных лугов доминантами альгосинузий являлись диатомовые водоросли – виды *Pinnularia borealis*, *Nitzschia palea*, *Hantzschia amphioxys*, *Navicula pelliculosa*. Формула экобиоморф пойменных

Численность водорослей и цианобактерий луговых фитоценозов в районе объекта «Марадыковский», тыс. кл./г почвы

№ пробного участка		<i>Cyanobacteria</i>	<i>Chlorophyta</i> + <i>Ochrophyta</i>	<i>Bacillariophyta</i>	Всего
Суходольные луга	10	4.4±2.1	172.3±6.7	14.2±4.0	109.9±12.8
	35	4.4±2.1	58.3±5.3	23.0±3.6	85.7±11.0
	41	3.2±2.2	59.6±8.3	8.8±2.6	71.6±13.1
	57	6.3±3.1	178.5±8.6	40.7±3.8	225.5±15.5
	60	7.2±2.5	90.8±4.9	6.5±2.5	104.5±9.9
	103	31.8±4.9	213.5±13.3	3.5±2.8	248.8±21.0
Пойменные луга	111	4.7±2.8	121.7±8.2	5.7±2.0	132.1±13.0
	54	10.4±2.8	213.5±13.3	27.5±11.0	251.4±27.1
	66	9.8±2.5	268.6±17.1	168.7±18.6	447.1±37.9
	79	19.9±4.7	305.9±16.0	101.8±9.7	427.6±30.4

лугов – $B_8Ch_8P_6H_4X_4CF_4$ $C_3amph_1M_1$. Преобладают представители В-формы (21%), Ch- и Р-форм (20 и 15% соответственно).

Количественные исследования альгофлоры в районе объекта «Марадыковский» в 2017 г. показали, что доминирующими по численности являлись зеленые водоросли, что в целом характерно для почв лесной зоны. Максимальная численность зеленых водорослей выявлена в почвах пойменных лугов, она достигала величины 306 тыс. кл./г почвы, что можно объяснить более благоприятными условиями увлажнения по сравнению с суходольными лугами. Минимальная численность была характерна для цианобактерий в суходольных лугах – 3.2 тыс. кл./г почвы (см. таблицу).

Таким образом, в почвах луговых фитоценозов в районе объекта «Марадыковский» сохраняется зональный тип альгофлоры. Преобладают зеленые водоросли и цианобактерии. В спектре жизненных форм суходольных лугов

преобладают представители X-, С- и Ch-форм, в пойменных лугах – В-формы. Общая численность водорослей и ЦБ колеблется в пределах от 72 до 447 тыс. кл./г почвы. По результатам проведенных альгологических исследований структура альгофлоры изученных участков лугов не нарушена.

ЛИТЕРАТУРА

- Алексахина Т.И., Штина Э.А. Почвенные водоросли лесных биогеоценозов. М.: Наука, 1984. 148 с.
 Домрачева Л.И. «Цветение» почвы и закономерности его развития. Сыктывкар, 2005. 336 с.
 Кондакова Л.В., Домрачева Л.И. Флора Вятского края. Ч. 2. Водоросли (Видовой состав, специфика водных и почвенных биоценозов). Киров, 2007. 192 с.
 Штина Э.А., Голлербах М.М. Экология почвенных водорослей. М.: Наука, 1976. 144 с.
 Штина Э.А., Зенова Г.Н., Манучарова Н.А. Альгологический мониторинг почв // Почвоведение. 1998. № 12. С. 1449–1461.

ГЕНЕТИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ И ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ ПОПУЛЯЦИЙ *GYMNADENIA CONOPSEA* (L.) R. BR. НА ЮЖНОМ ТИМАНЕ ПО ДАННЫМ ISSR МАРКИРОВАНИЯ

О.Е. Валуysких, Д.М. Шадрин

Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар
 E-mail: valuyskikh@ib.komisc.ru

Среди представителей семейства *Orchidaceae*, распространение которых вблизи северных границ ареалов чаще всего связано с выходами кальцийсодержащих пород, на известняках Тиманского края (Республика Коми) отмечены *Epipactis atrorubens* (Hoffm. ex Bernh.) Bess., *Coeloglossum viride* (L.) Hartm., *Cypripedium calceolus* L., *C. guttatum* Sw., *Gymnadenia conopsea* (L.) R. Br. и *Leucorchis albida* (L.) E. Mey. (Биологическое разнообразие..., 2006). Приуроченность этих видов к растительным сообществам карстовых ландшафтов различна. Наиболее широкой эколого-ценотической амплитудой и встречаемостью в разных типах экотопов обладает *G. conopsea* (кокушник комарниковый). Этот широко распространенный в Европе и Азии вид наземных орхидей на территории Республики Коми находится вблизи север-

ной границы своего ареала и нуждается в биологическом надзоре за численностью и состоянием популяций (Красная книга, 2009). Краевые местонахождения *G. conopsea* в регионе, помимо Урала, приурочены к карбонатным возвышенностям Тиманского края и входят в состав реликтового скального флористического комплекса (Юдин, 1963; Тетерюк и др., 2012). Широкая экологическая амплитуда позволяет этому виду занимать различные местообитания в карстовых ландшафтах Тимана – осыпные известняковые склоны разной экспозиции крутизной 30–50° и реже – луга в долинах рек. Учитывая высокую фенотипическую изменчивость и резко выраженную дифференциацию популяций *G. conopsea* на известняках Тиманского края по морфологическим признакам (Валуysких, Тетерюк, 2014), нами была выдвиг-

нута гипотеза о существовании согласованной с фенотипом генетической дивергенции этих популяций.

Цель настоящей работы – изучение генетического разнообразия и дифференциации популяций *G. conopsea* с помощью ISSR маркеров на известняках Южного Тимана.

Сбор материала проводили в природных популяциях *G. conopsea* в июле 2016 г. На Южном Тимане (Республика Коми, Троицко-Печорский район) исследовано девять популяций *G. conopsea* в долинах рек Сойва и Омра в нескольких типах карстовых ландшафтов: на склоновых участках северной и северо-западной экспозиций (С1, С2, С3), южной и юго-западной экспозиций (Ю1, Ю2, Ю3), а также на выположенных поверхностях в долинах рек (Л1, Л2, Л3). Минимальное расстояние между популяциями составляло 0.2 км, максимальное – 3.5 км. Всего изучено 180 генеративных растений *G. conopsea* (по 20 особей из каждой популяции). Суммарная ДНК была выделена из свежих листьев с помощью набора реагентов. Использовали два праймера ISSR-1.2 ((GT)₇-YG) и ISSR-AG8 ((AG)₈-YT), меченых FAM. Полученные образцы анализировали на генетическом анализаторе ABI PRISM 310 (Applied Biosystems) на базе ЦКП «Молекулярная биология» Института биологии Коми НЦ УрО РАН (г. Сыктывкар). Оценку генетической дифференциации выборок проводили в специализированном макросе GenAlEx 6.5 для MS-Excel с определением числа полиморфных аллелей, информационного индекса Шеннона (I_s), ожидаемой гетерозиготности (H_e), генетического расстояния (D) между популяциями, а также анализа молекулярной дисперсии (AMOVA) с определением уровня внутри- и межпопуляционной изменчивости и др. Зависимость потока генов между географическим расстоянием оценивали тестом Мантела.

Два использованных ISSR праймера позволили выделить 839 локусов, из них доля полиморфных – 37.79%. На известняках Южного Тимана для вида характерны как высоковариабельные популяции ($P = 55.5\text{--}60.6\%$, $H_e = 0.084\text{--}0.089$), так и с пониженными показателями генетической изменчивости ($P = 29.3\text{--}29.6\%$, $H_e = 0.053\text{--}0.059$), при этом несмотря на разнообразие карстовых ландшафтов и территориальную разобщенность выборок между ними существует достаточно активный поток генов ($D = 0.007\text{--}0.020$, $I = 0.980\text{--}0.993$). Тест Мантела не выявил корреляции между генетическими и географическими расстояниями ($r = -0.047$; $p = 0.04$). Установлено, что большая часть выявленной генетической изменчивости *G. conopsea* реализуется внутри популяций, а на долю межпопуляционной составляющей приходится 14%.

Значительная генетическая изменчивость в районе исследований выявлена в популяциях

С1 и Ю8, расположенных на северо-западном и южном склонах известняковых обнажений соответственно. Уровень генетической изменчивости, проявляющийся в показателе гетерозиготности ($H_e = 0.089, 0.084$), усредненный индекс информации Шеннона ($I_s = 0.154, 0.149$) в сочетании с достаточно высоким процентом полиморфных локусов ($P = 55.54, 60.55\%$) свидетельствуют о том, что эти популяции имеют повышенные показатели генетического разнообразия по сравнению с другими выборками. Помимо этого, популяция Ю8 отличается максимальной долей редких локусов (17.9%) среди всех поселений *G. conopsea* в районе исследования. Эти многочисленные популяции (более 1 тыс. особей) можно рассматривать в качестве источника генетического разнообразия среди исследуемой совокупности на Южном Тимане. В целом, на склонах известняковых обнажений по сравнению с луговыми сообществами условия для прорастания семян *G. conopsea* более благоприятны, так как для них характерны наличие открытых осыпных участков, низкая межвидовая конкуренция (общее проективное покрытие растений составляет 10–15%), сильно гумусированные нейтральные и слабощелочные почвы. Высокая семенная продуктивность – 15.5–18.6 тыс. семян на одну особь (Кириллова, Кириллов, 2015) – и наличие большого числа молодых особей (Валуйских, Тетерюк, 2013) определяют более активную динамику возрастных спектров и смену поколений, как следствие создают условия для повышенного генетического разнообразия. Невысокий процент полиморфных локусов (до 30%) и пониженные показатели генетической изменчивости отмечены также для ряда популяций из разного типа карстовых ландшафтов на Тимане. Например, популяции *G. conopsea* на склонах известняковых обнажений разной экспозиции (С5, Ю9) имеют показатели, сравнимые с небольшими (15–25 м²) луговыми популяциями (Л6) со стабильно невысокой численностью (200–300 особей). Также на лугах присутствует небольшая антропогенная нагрузка (сенокосение), и периодически возникает опасность повреждения соцветий *G. conopsea* в период раннелетних заморозков (до 70–95% генеративных особей в популяции, личные наблюдения авторов). Смена поколений в луговых популяциях происходит более медленно из-за сложности прорастания семян в плотном слое дернины и невысокой доли проростков, даже при высокой эффективной численности популяций (процент цветущих растений).

Помимо перечисленных выше факторов, усиливающих давление отбора, более однородная генетическая структура популяций *G. conopsea* может демонстрировать сравнительно недавнее время их образования и позволяет предположить, что эти группы (Л6, С5, Ю9) представляют собой самые молодые поселения вида

в исследуемом районе на Южном Тимане. Преобладание внутривидовой изменчивости (86%) свидетельствует об отсутствии направленных генетических изменений, способствующих процессу разделения популяций *G. conopsea* в районе исследования. Значительный разброс средних значений показателей генетического разнообразия в популяциях *G. conopsea*, полученных по ISSR маркерам, демонстрирует несколько разнонаправленных паттернов, не проявляющих четкой связи с разнообразным типом карстовых ландшафтов, фенотипическим обликом особей, численностью и площадью популяций. Очевидно, что причины проявления разного уровня генетического разнообразия исследованных популяций в градиенте условий на известняках требуют дополнительного изучения.

Работа выполнена в рамках гос. задания на тему «Структурно-функциональная организация растительных сообществ, разнообразие флоры, лишено- и микобиоты южной части национального парка «Югыд ва»» (№ АААА-А16-116021010241-9) при поддержке гранта РФФИ № 16-34-00608 мол_а.

ЛИТЕРАТУРА

Биологическое разнообразие особо охраняемых природных территорий Республики Коми. Вып. 4. Ох-

раемые природные комплексы Тимана (часть 1) / Под ред. С.В. Дёгтевой. Сыктывкар, 2006. 272 с. (Коми НЦ УрО РАН).

Валуйских О.Е., Тетерюк Л.В. Структура и динамика популяций *Gymnadenia conopsea* (L.) R. Br. в краевых популяциях на известняках европейского северо-востока России // Экология. 2013. № 6. С. 420–427.

Валуйских О.Е., Тетерюк Л.В. Фенотипическая изменчивость *Gymnadenia conopsea* (L.) R.Br. (Orchidaceae) в краевых популяциях на известняках европейского северо-востока России // Экология. 2014. № 1. С. 30–39.

Кириллова И.А., Кириллов Д.В. Особенности репродуктивной биологии *Gymnadenia conopsea* (L.) R. Br. (Orchidaceae) на северной границе ареала // Сибирский экол. журнал. 2015. № 4. С. 617–629.

Красная книга Республики Коми / Ред. А.И. Таскаев. Сыктывкар: Коми республиканская типография, 2009. 791 с.

Тетерюк Л.В., Елсаков В.В., Лаптева Е.М. Роль рельефа в формировании терморегима и биоразнообразия реликтовых экосистем на известняках европейского северо-востока России // Экология. 2012. № 6. С. 410–417.

Юдин Ю.П. Реликтовая флора известняков Северо-Востока европейской части СССР // Материалы по истории флоры и растительности СССР. М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1963. Вып. 4. С. 493–587.

ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА БОЛОТА В СЕЛЬГОВОМ ЛАНДШАФТЕ (ЗАОНЕЖСКИЙ ПОЛУОСТРОВ, КАРЕЛИЯ)

П.А. Игнашов¹, П.А. Рязанцев²

¹ Институт биологии Карельского НЦ РАН, г. Петрозаводск

² Институт геологии Карельского НЦ РАН, г. Петрозаводск

E-mail: paul.ignashov@gmail.com; chthonian@yandex.ru

Заонежский п-ов является уникальным природным районом, особенности геологии, геоморфологии, геохимии территории делают немногочисленные здесь болота интересным объектом для изучения (Lindholm et al., 2014).

Исследованное болото площадью 3,3 га занимает вытянутую с северо-запада на юго-восток депрессию. Болото образовалось в результате зарастания озера, о чем свидетельствуют отложения ленточных глин и сапропели.

В растительном покрове болота отмечено 50 видов сосудистых растений и 22 вида мхов (из них девять сфагновых). Из редких видов встречена занесенная в Красную книгу Республики Карелия орхидея *Malaxis monophyllos* (L.) Sw. (Красная книга..., 2007).

Геоботанические описания выполнялись на временных пробных площадях (1×1 м). Описания были сведены в таблицу с выделенными для болот Карелии эколого-ценотическими группами видов (Кузнецов, 2005). Кроме того выполнено исследование торфяной залежи методами бурения и георадарного зондирования (Рязанцев, Игнашов, 2017), что позволило более точно определить структуру и мощность отложений торфа и сапропеля.

Выделено пять типов участков, отличающихся условиями водно-минерального питания:

1. В приподнятой северо-западной части болота из-за отсутствия подтока минерализованных вод образовалось омбротрофное сосново-кустарничково-сфагновое сообщество. Древесный ярус представлен сосной (*Pinus sylvestris* L.), в густом кустарничково-травяном ярусе доминируют *Ledum palustre* L., *Rubus chamaemorus* L.; в моховом – *S. magellanicum* Brid. с примесью *Sphagnum angustifolium* C.E.O. Jensen.

2. Вдоль хорошо дренируемого восточного края расположено олиготрофное березово-кустарничково-сфагновое сообщество. В древостое преобладает береза (*Betula pubescens* Ehrh.), встречается сосна, в кустарничково-травяном ярусе доминирует *Chamaedaphne calyculata* (L.) Moench, встречаются *Eriophorum vaginatum* L., *Carex rostrata* Stokes. В моховом ярусе доминирует *Sphagnum angustifolium* C.E.O. Jensen.

3. Центральную часть болота занимает мезоолиготрофное осоково-сфагновое сообщество. Микрорельеф не выражен. В травяно-кустарничковом ярусе доминируют *Carex rostrata* Stokes, *Oxycoccus palustris* Pers., *Eriophorum*

vaginatum L. В наиболее влажных местах встречаются *Drosera anglica* Huds., *D. rotundifolia* L. и *Menyanthes trifoliata* (L.) Sw. Моховой покров образован *Sphagnum angustifolium* С.Е.О. Jensen. По пробуренной в центре скважине можно предположить, что растительный покров сомкнулся над озером относительно недавно. Под 0.5 м слоем осоково-сфагнового торфа находится слой сильнообводненного торфа с остатками прибрежно-водной растительности (родов *Typha*, *Nuphar*, а также *Sphagnum riparium* Engstr.).

4. Вдоль западного (у подножья озовой гряды) и южного краев узкой полосой (3–5 м) расположено мезоевтрофное березово-травяно-гипновое сообщество. Благодаря крутому минеральному берегу на этот участок болота попадают делювиальные воды с высоким содержанием солевых элементов. Древостой представлен березой высотой 10–15 м, сомкнутость – 0.3–0.4. В кустарниковом ярусе встречаются ивы (*Salix pentandra* L., *S. phylicifolia* L.), *Alnus incana* (L.) Moench, *Frangula alnus* Mill., *Sorbus aucuparia* L. В травяно-кустарниковом ярусе обильны виды проточных местообитаний *Menyanthes trifoliata* L., *Calla palustris* L., *Comarum palustris* L., также встречаются *Filipendula ulmaria* (L.) Maxim., *Naumburgia thyrsoflora* (L.) Reichenb., *Carex chordorrhiza* Ehrh., *C. canescens* L. В этом же сообществе обнаружены несколько особей *Malaxis monophyllos* L. Моховой покров разрежен, в нем доминируют зеленые мхи (*Plagiomnium ellipticum* (Brid.) T.J. Kop., *Helodium blandowii* (F. Weber & D. Mohr) Warnst., *Calliergonella cuspidata* (Hedw.) Loeske, *Climacium dendroides* (Hedw.) F. Weber & D. Mohr, *Campylium stellatum* (Hedw.) С.Е.О. Jensen), из сфагновых мхов встречаются *Sphagnum squarrosum* Crome, *S. teres* (Schimp.) Engstr., *S. riparium* Engstr.

5. В юго-западной части болота выделен участок с евтрофным древесно-моховым сообществом,

имеющим древесный ярус из редкой невысокой березы (до 3 м). Травяно-кустарниковый ярус образуют *Eriophorum vaginatum* L., *Menyanthes trifoliata* L., *Equisetum fluviatile* L. Моховой ярус образован из *Stramiogon stramineum* (Dickson ex Bridel) Hedenas, *Sphagnum teres* (Schimp.) Engstr. и *S. warnstorffii* Russow, что свидетельствует о дополнительном водно-минеральном питании слабоминерализованными грунтовыми водами. Это подтверждается и данными, полученными при бурении, трехметровую залежь составляют низинные травяно-гипновые торфа.

Таким образом, на небольшом болотном массиве в условиях сельгового ландшафта образуются участки, отличные по водно-минеральному питанию, что приводит к высокому уровню разнообразия растительного покрова.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 18-05-00256 и средств федерального бюджета РФ, гос. задание ИБ КарНЦ РАН (проект № 0221-2014-0035).

ЛИТЕРАТУРА

Красная книга Республики Карелия. Петрозаводск: Карелия, 2007. 368 с.

Кузнецов О.Л. Тополого-экологическая классификация растительности болот Карелии (омбротрофные и олиготрофные сообщества) // Труды Карельского НЦ РАН. Вып. 8. Биоразнообразие, динамика и ресурсы болотных экосистем восточной Финляндии. Петрозаводск, 2005. С. 15–46.

Рязанцев П.А., Игнатов П.А. Изучение болотных экосистем Заонежского полуострова методом георадиолокации // Современные проблемы четвертичной геологии и географии Северо-Запада европейской части России и сопредельных стран: Материалы научной сессии (с участием иностранных специалистов), посвященной 100-летию со дня рождения Г.С. Бискэ. Петрозаводск, 2017. С. 116–118.

Biogeography, landscapes, ecosystems and species of Zaonezhye Peninsula, in Lake Onega, Russian Karelia / T. Lindholm, J. Jakovlev, A. Kravchenko (eds.). Helsinki: Finnish Environment Institute, 2014. 360 p.

ВОДОРΟΣЛИ ГОРНОГО ОЗЕРА В БАСЕЙНЕ РЕКИ ЩУГОР (СЕВЕРНЫЙ УРАЛ, НАЦИОНАЛЬНЫЙ ПАРК «ЮГЫД ВА»)

А.В. Макарова¹, И.Н. Стерлягова², Ю.Н. Шабалина¹

¹ Сыктывкарский государственный университет им. Питирима Сорокина, г. Сыктывкар

² Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар

E-mail: alena-makarova-97@inbox.ru

В горных озерах водоросли играют большую роль как одни из основных продуцентов органического вещества. Они являются биоиндикаторами, которые реагируют на изменения природных условий. Благодаря этому водоросли используют для оценки состояния среды на особо охраняемых природных территориях. Национальный парк «Югыд ва» включен в список Всемирного наследия ЮНЕСКО как «Девственные леса Коми». В альгологическом отношении

данная территория активно изучается в последнее десятилетие (Флоры..., 2016), однако в связи с тем, что исследуемый район является труднодоступным, имеет суровый климат и горный рельеф, многие участки парка остаются не изученными.

Цель работы – изучение разнообразия водорослей в горном озере (без названия) в бассейне р. Щугор на Северном Урале. Исследуемое озеро имеет ледниковое происхождение. Нахо-

дится на высоте 670 над ур.м. Из озера вытекает ручей. По берегам водоема макрофиты образуют узкую кайму. Средняя глубина водоема достигает 1.5 м. Температура воды – 14.7 °С, цвет – зеленовато-голубой. Вода отличается низкой минерализацией и электропроводностью (8 мкСм/см), что обусловлено преимущественно снеговым питанием водоема. По преобладающим ионам вода гидрокарбонатно-кальциевая, pH – 6.1.

Водоросли собирали по общепринятой методике (Методика..., 1975; Руководство..., 1983). Виды идентифицировали в пробах, фиксированных 4%-ным формальдегидом, а также в живых пробах, створки диатомовых изучали в постоянных препаратах после обработки серной кислотой. Относительное обилие устанавливали по шестибальной шкале.

В исследуемом озере было обнаружено 79 видов водорослей с внутривидовыми таксонами, принадлежащих к пяти отделам, девяти классам, 19 порядкам, 28 семействам и 37 родам. Лидирующими по числу видов являются отделы *Bacillariophyta* (51 видов, или 65%), *Streptophyta* (11 видов, или 14%), *Chlorophyta* (9 видов, или 11%). Водоросли других отделов *Цианопрокариота* (три вида) и *Охрофиты* (пять видов) в сумме составляют 10%. Среди семейств преобладает *Eunotiaceae* (18%). Далее по разнообразию следуют семейства *Pinnulariaceae* (10%), *Desmidiaceae* и *Achnanthidiaceae* (по 9%) и *Gomphonemataceae* (8%), остальные семейства представлены одним-четырьмя видами (47%). Лидирующими видами среди родов являются *Eunotia* (18%), на втором месте – *Pinnularia* (10%), далее следуют *Cosmarium* (8%), *Tribonema* и *Gomphonema* (по 5%), и остальные рода представлены одним-тремя видами (54%). Одновидовые семейства составляют 50%, одновидовые роды – 62%, что характерно для горных районов с суровым климатом (Макушин и др., 2004).

Согласно географическому анализу, большинство найденных водорослей, для которых известна данная характеристика, являются видами космополитами, т.е. широко распространенными (32.9%), что свойственно для большинства водоемов умеренной зоны (Гецен и др., 1994), второе место занимают аркто-альпийские (7.6%), третье – бореальные (2.5%), наименьшее количество видов имеют голарктический ареал распространения (1.3%).

По типу местообитания среди видов, сведения о распространении которых не установлены, лидирующими являются бентосные (45.6%). Виды, развивающиеся как планктонно-бентосные, составляют 13.9%, эпифитные и планктонные группы водорослей – по 1.3%. Отсутствие планктонных видов связано с тем, что преимущественно были исследованы непланктонные группировки.

В водоеме преобладают виды с неизвестной характеристикой по отношению к pH (62%). Сравнительно низкое значение кислотности водной среды данного озера обуславливает преобладание ацидофильных видов водорослей (15.2%), многие из которых достигают значительного обилия, например, *Psammothidium subatomoides* (Hustedt) Bukhtiyarova & Round, *Eunotia paratridentula* Lange-Bertalot & Kulikovskiy. Индефференты составили 11.4%, обнаружено незначительное количество алкалофилов (7.6%) и нейтрофилов (3.8%).

По отношению к содержанию солей преобладают виды-индефференты – 36.7%, далее следуют галофобы – 8.9%, обнаружен один вид олигогалоф без более точных данных.

Экологическая характеристика по отношению к сапробности не установлена для 46.8% таксонов. Среди видов с известной характеристикой по отношению к содержанию легко окисляемых органических веществ преобладают индикаторы чистых вод: олигосапробов – 15.2%, ксеносапробов и ксено-олигосапробов – по 5.1%. Индикаторы слабозагрязненных вод – бетамезосапробы – составляют 6.4%. Видов, толерантных к данному виду загрязнения, – 21.5%.

Таким образом, альгофлора в горном озере бассейна р. Щугор на территории национального парка «Югыд ва» характеризуется умеренным разнообразием. По видовому разнообразию преобладает отдел *Bacillariophyta* (65%), что характерно для горных и северных водоемов. Большое разнообразие видов из родов *Eunotia*, *Pinnularia* было отмечено для других горных озер, например, для оз. Большое Балбанты на Приполярном Урале (Стенина, Стерлягова, 2010). Присутствуют свойственные горным озерам виды рода *Humidophila*. Известно, что для горных озер характерно наличие золотистых водорослей (Волошко, 2007). Найден только один вид этой группы в исследованном водоеме, что может быть связано с трудностями обнаружения и идентификации этих водорослей в световом микроскопе.

Преобладание индикаторов чистых вод по содержанию органического вещества в воде свидетельствует о благоприятном экологическом состоянии данного горного озера.

ЛИТЕРАТУРА

Стенина А.С., Стерлягова И.Н. Материал к альгофлоре водоемов и водотоков бассейна р. Кожым: *Bacillariophyta* // Биоразнообразие водных и наземных экосистем бассейна реки Кожым (северная часть национального парка «Югыд ва»). Сыктывкар, 2010. С. 35–50.

Флоры, лишено- и микобиоты особо охраняемых ландшафтов бассейнов рек Косью и Большая Сыня (Приполярный Урал, национальный парк «Югыд ва») / Отв. ред. С.В. Дёгтева. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2016. 483 с.

Биоразнообразие водных и наземных экосистем бассейна реки Кожым (северная часть национального парка «Югыд ва»). Сыктывкар, 2010. 192 с.

Стерлягова И.Н., Патова Е.Н. Водоросли водоемов бассейна реки Печора (Приполярный Урал) // Ботанический журнал. 2008. № 7. С. 1011–1029.

Гецен М.В., Стенина А.С., Патова Е.Н. Альгофлора Большеземельской тундры в условиях антропогенного воздействия. Екатеринбург, 1994. 148 с.

Волошко Л.Н. Золотистые водоросли // Биоразнообразие экосистем Полярного Урала. Сыктывкар, 2007. С. 57–69.

СТРУКТУРА ЭПИЛИТОННЫХ СООБЩЕСТВ ДИАТОМОВЫХ ВОДОРΟΣЛЕЙ (*BACILLARIOPHYTA*) РЕКИ УХТЫ (БАСЕЙН ПЕЧОРЫ, РЕСПУБЛИКА КОМИ)

Н.Р. Минниханова, Ю.Н. Шабалина

Сыктывкарский государственный университет им. Питирима Сорокина, г. Сыктывкар

E-mail: mnr270496@gmail.com

Диаомовые водоросли относятся к одной из наиболее распространенных групп водорослей. Диатомеи характерны для экосистем северных водоемов, на них приходится около 50% от всех видов водорослей. Они применяются в биомониторинге благодаря высокой индикационной способности по сравнению с другими группами водорослей.

Город Ухта – один из промышленных центров Республики Коми. На территории города и в его окрестностях функционируют предприятия по добыче и переработке нефти, леса и теплоэнергетике, которые оказывают влияние на состояние р. Ухты. Река Ухта является левым притоком р. Ижмы, входит в Двинско-Печорский бассейновый округ, речной бассейн р. Печоры. Длина водотока составляет 199 км, ширина – от 60 до 100 м, глубина – 0.7–2.0 м, скорость течения высокая – 0.6–0.8 м/с. В русле преобладает галечно-валунный грунт, в прибрежной зоне – слабо заиленный (Историко-культурный атлас..., 1997). Связь реки с Тиманским кряжем обуславливает гидрокарбонатно-сульфатно-кальциевый состав воды и повышенную минерализацию (600 и более мг/дм³) со значительным увеличением ионов хлора (до 100 мг/дм³) и натрия (Производительные силы..., 1955; Власова, 1988). Из-за избыточного содержания в воде нефтепродуктов и фенолов вода реки даже в летнее время не насыщена кислородом, что вызвано как антропогенными, так и естественными факторами.

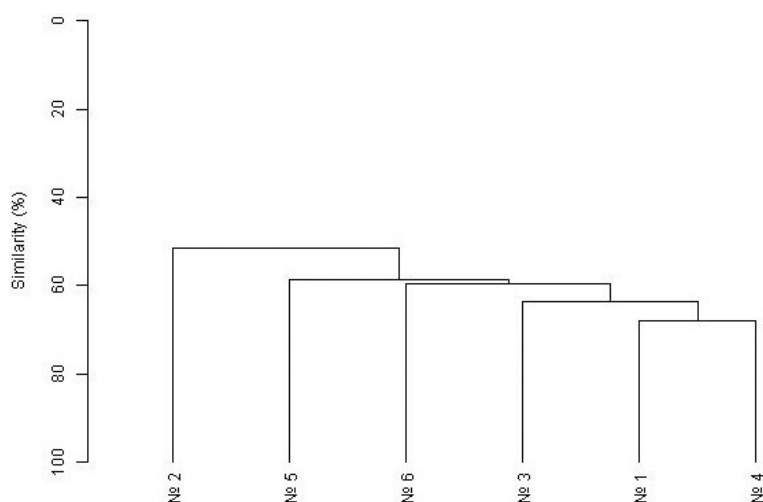
Цель настоящей работы – изучение структуры эпилитонных сообществ диатомовых водорослей на разных станциях р. Ухты. Пробы эпилитона отбирали в августе 2016 г. на шести станциях, находящихся в разных условиях антропогенного воздействия. Станция № 1 расположена возле моста за пгт. Шудаяг; № 2 – недалеко от железнодорожного вокзала; № 3 – в районе городского пляжа; № 4 – вблизи нефтеперерабатывающего завода рядом с трубой ливневых стоков; № 5 – возле памятника «Вечный огонь», № 6 – возле г. Сосногорска вблизи железной дороги. Пробы собирали общепринятыми способами, фиксировали 4%-ным формалином. Створки диатомовых водорослей получали путем обработки в концентрированной

серной кислоте. Идентификацию видов проводили в постоянных препаратах на среде Эляшева. Относительное обилие определяли путем подсчета 500 створок в препарате. Кластерный анализ проводили в Excel надстройке ExcelToR, расширяющей возможности Microsoft Excel по статистическому анализу данных (Новаковский, 2016).

Всего в эпилитоне р. Ухты было обнаружено 137 видов с внутривидовыми таксонами, относящихся к 48 родам, 23 семействам, 15 порядкам, четырем классам. На отдельных станциях разнообразие диатомовых водорослей варьирует от 56 до 68 видов с внутривидовыми таксонами. По разнообразию преобладают порядки *Naviculales* (38 таксонов) и *Cymbellales* (27), семейства *Naviculaceae* (29), *Gomphonemataceae* (18), *Fragilariaceae* (18), роды *Navicula* (18), *Gomphonema* (13), на станции № 3 также высокое разнообразие имеют *Nitzschia* (8), *Fragilaria* (7).

На всех станциях отмечены 18 видов диатомовых водорослей, 64 вида только на одной из станций. Наибольшее число таких видов обнаружено для станций № 2 (18 таксонов) и № 3 (13), на остальных станциях – от семи до девяти. В целом, сходство видового состава диатомовых водорослей в эпилитоне на разных станциях не слишком велико: коэффициент Сьеренсена-Чекановского варьирует от 54% (между станцией № 2 со станциями № 3 и № 6) до 67% (между станциями № 1 и № 3, № 4). Станция № 2 возле железнодорожного вокзала наиболее сильно отличается от остальных (см. рисунок).

В эпилитоне р. Ухты на разных станциях преобладают бентосные формы (62%), планктонно-бентосных – 23%, планктонных – 4. Сходное соотношение данных экологических групп отмечено на отдельных станциях. По отношению к содержанию солей на всех станциях преобладают виды-индифференты (62%). Достаточно высоко разнообразие галофильных (12%) и мезогалофильных видов (2%), что обусловлено сравнительно высокими показателями минерализации вод р. Ухты. По отношению к pH наиболее разнообразно представлены алкалофилы (56%), предпочитающие воды со слабощелочной реакцией среды. На втором месте –



Сходство видового состава водорослей на станциях на основе коэффициента сходства Сьеренсена-Чекановского.

индифференты (13%). Алкалибионтов – 6%, в единичных случаях встречаются представители нейтрофильной и ацидофильной групп. Схожее соотношение экологических групп по отношению к солености воды и pH среды отмечено на отдельных станциях. По группам сапробности в большей степени представлены виды, характерные для чистых вод (35%), далее следуют виды, характерные для загрязненных вод (25%). На всех станциях, кроме станции № 2, индикаторы чистых и загрязненных вод представлены примерно одинаково. На станции № 2 заметно преобладают по разнообразию виды, характерные для чистых вод (41%).

Географический анализ показал преобладание видов-космополитов (64%). Бореальные виды составляют 9%, на отдельных станциях – от 5 до 9%, аркто-альпийские виды – лишь 1%.

Доминирующие комплексы эпилимнотона р. Ухты включают 11 таксонов. На разных станциях их состав отличается. На отдельных станциях доминирующие комплексы образуют от двух до шести таксонов. Наиболее часто с высоким относительным обилием находили реофильные виды *Epithemia sorex* Kütz. и *Cocconeis pediculus* Ehr. Они обнаружены на всех станциях, на четырех – с высоким обилием. Такие виды, как *Staurosira venter* (Ehr.) Cl et Möll., *Diatoma vulgaris* Bory, *Rhoicosphenia abbreviata* (C. Ag.) Lange-Bert., *Epithemia adnata* (Kütz.) Breb, *Cocconeis placentula* Ehr., *Achnanthes minutissimum* (Kütz.) Czarnecki являются обычными в эпилимнотоне р. Ухты, но в число видов доминирующих комплексов входят лишь на одной-двух станциях. Виды *Diatoma moniliformis* (Kütz.) Williams и *Diatoma vulgaris* var. *linearis* Grun. отмечены только на трех станциях, на станции № 3 оба вида являются доминантами, второй вид также преобладает на станции № 1. Обращает на себя внимание вид *Surirella brebissonii* Krammer et Lange-Bert. var. *kuetzingii* Krammer et Lange-

Bert., который выступает в качестве субдоминанта на станции № 4, при этом на трех станциях этот вид отсутствует, а на станциях № 5 и № 6 представлен единичными створками.

Все виды с высоким обилием на всех исследованных станциях являются индифферентами по отношению к содержанию солей, индикаторами слабощелочной и щелочной среды, индикаторами средней и высокой степени загрязнения легко окисляемыми органическими веществами.

Таким образом, всего в эпилимнотоне р. Ухты выявлено высокое разнообразие диатомовых водорослей. Число видов на разных станциях, в целом, сходно, однако по видовому составу сходство немного выше среднего. Сравнительно высокие значения минерализации, характерные

для р. Ухты, обуславливают высокое разнообразие на всех станциях не только индифферентов по отношению к содержанию солей, но и галофильных видов. При слабощелочной реакции водной среды большого разнообразия достигают виды-алкалофилы. Доля видов, характерных для чистых вод, в целом, несколько выше, чем индикаторов загрязнения легко растворимыми органическими веществами, однако на большинстве станций эти группы представлены примерно одинаково. Среди географических групп преобладают широко распространенные виды, почти нет видов с аркто-альпийским ареалом распространения, что отличает реки, связанные с Тиманским краем, от водотоков Полярного и Приполярного Урала (Флоры..., 2016).

ЛИТЕРАТУРА

- Баранова С.С., Медведева Л.А., Анисимова О.В. Биоразнообразие водорослей-индикаторов окружающей среды. Тель-Авив, 2006. 500 с.
- Власова Т.А. Гидрохимия главных рек Коми АССР. Сыктывкар, 1988. 151 с.
- Водные ресурсы // Производительные силы Коми АССР. М.: Изд-во АН СССР, 1955. Т. 2. Ч. 2. С. 135–161.
- Государственный доклад «О состоянии окружающей среды Республики Коми» // Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Коми, ГБУ РК «ТФИ РК». Сыктывкар, 2013–2017.
- Историко-культурный атлас Республики Коми. М.: Дрофа; ДиК, 1997. С. 148–160.
- Новаковский А.Б. Взаимодействие Excel и статистического пакета R для обработки данных в экологии // Вестник Института биологии Коми НЦ УрО РАН. 2016. № 3. С. 26–33.
- Флоры, лишено- и микобиоты особо охраняемых ландшафтов бассейнов рек Косью и Большая Сыня (Приполярный Урал, Национальный парк «Югыд ва») / Отв. ред. С.В. Дёгтева. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2016. 483 с.

АДВЕНТИВНАЯ ФЛОРА ВОРКУТЫ И ОКРЕСТНОСТЕЙ

Л.М. Поздеева

Сыктывкарский государственный университет им. Питирима Сорокина, г. Сыктывкар
E-mail: lub.a.lub.14.4@gmail.com

Человек в ходе развития в результате увеличения своих потребностей подстраивает всю окружающую среду под себя: строит дороги, прокладывает железнодорожные пути, нефте- и газопроводы и т.д. Все это прямо или косвенно меняет окружающую природную среду. Все слышаны о таких явлениях, как глобальное потепление, огромные разливы нефти и вечно растущие свалки. Но и простой, вроде бы никому не вредящей деятельностью человек неосознанно создает такую глобальную экологическую проблему, как внедрения инвазивных видов в естественные фитоценозы.

На территории нашей республики в 1937–1941 гг. была построена Печорская железная дорога от Коноши до Воркуты. Именно она с момента постройки стала главным путем заноса растений из основной части страны в расположенную на крайнем северо-востоке европейской части Печорскую низменность. Немаловажно, что созданы для поддержки населения совхозы «Горняк» и «Центральный» (и в меньшей степени иные хозяйства) послужили и точками акклиматизации части вселенцев.

Цель настоящего исследования – оценка адвентивной флоры г. Воркуты. Основой работы послужили гербарии Отдела флоры и растительности Севера Института биологии Коми НЦ УрО РАН (СЫКО) и Сыктывкарского государственного университета им. Питирима Сорокина (СЫКТ). Установление аборигенности или адвентивности проводили по работам В.А. Мартыненко и Б.И. Груздева (2008) и Т.В. Лукашевой и Ю.А. Боброва (2016). Жизненные формы растений определены по методике Серебрякова (1962, 1964) и названы в соответствии с его системой биоморф. Биологическая характеристика адвентивных растений дана в общепринятой терминологии (Schroder, 1969), включая оценку времени и способа заноса и степени натурализации. Часть результатов в области однородных растений была опубликована ранее (Бобров и др., 2017).

Ввиду ограниченности объема привести конспект адвентивного компонента флоры не представляется возможным. Всего выявлено 85 видов (включая гибрид *Avena sativa* L. × *Avena fatua* L.) заносных растений из 66 родов 19 семейств, самые ранние находки которых относятся к 1941 г. Всего в Республике Коми 188 видов адвентов 120 родов 32 семейств (Лукашева, Бобров, 2016). В Ухте и Сосногорске, по нашей оценке, 125 видов 93 родов 23 семейств.

Самое богатое видами семейство – *Brassicaceae* Burnett – насчитывает 19 видов, *Poaceae* Barnhart – 14, *Asteraceae* Bercht. & J. Pre-

sl – 12, *Polygonaceae* Juss. и *Fabaceae* Lindl. – по восемь, *Chenopodioideae* Burnett – пять, *Solanaceae* Juss. – четыре, *Boraginaceae* Juss. – три, *Caryophyllaceae* Juss. – два, *Convolvulaceae* Juss., *Hydrophyllaceae* R. Br., *Cannabaceae* Martynov, *Amaranthaceae* Juss., *Ranunculaceae* Juss., *Papaveraceae* Juss., *Rosaceae* Juss., *Linaceae* DC. ex Perleb, *Malvaceae* Juss., *Apiaceae* Lindl. – по одному виду.

Во флоре тундровой зоны Республики Коми (Мартыненко, Груздев, 2008) первые три места по видовому разнообразию занимают семейства *Poaceae*, *Asteraceae* и *Cyperaceae*. В нашем случае в тройке лидеров вместе с *Asteraceae* и *Poaceae* появляется *Brassicaceae*, что, на наш взгляд, свидетельствует о большой доле сорных растений; отсутствие же *Cyperaceae* закономерно – по-видимому, в республике вообще нет заносных видов этого семейства. У адвентивных растений Республики Коми в целом (Лукашева, Бобров, 2016) первые позиции занимают *Poaceae*, *Fabaceae* и *Asteraceae*, но уже в Ухте и Сосногорске *Fabaceae* отсутствует, а в тройку входит *Brassicaceae*. Вероятно, такие различия связаны с влиянием сборов по более изученной Мезенско-Вычегодской низменности, расположенной, в целом, в более комфортных условиях и имеющей более долгую историю освоения адвентивными растениями.

Средний видовой коэффициент – 4.5; его превышают шесть семейств, включающих 78% всех видов этого компонента флоры. Средний родовой коэффициент – 3.5, его также превышают те же шесть семейств, объединяющие 73% всех родов. Средняя видовая насыщенность рода – 1.3, ее превышают 15 родов, включающие 23% всех видов флоры. Эти коэффициенты ниже таковых как по Республике Коми в целом (5.9:3.8:1.6), так и по Ухте и Сосногорску (5.4:4.0:1.3). В общем, можно говорить о несбалансированности компонента, что является следствием случайного заселения территории.

Все виды – неофиты. По способу заноса 53 вида (62.4%) ксенофитов, 24 (28.2) – эргазиофита, семь (8.2) – ксеноэргазиофитов, один вид (1.2%) – *Hordeum vulgare* L. – в разных случаях относим к эргазиофитам или ксенофитам. По степени натурализации лидируют эфемерофиты – 67 видов (78.8%). Колонофитов четыре (4.7%): *Beckmannia eruciformis* (L.) Host, *Lappula squarrosa* (Retz.) Dumort., *Polygonum humifusum* Merk, ex K. Koch *Lepidium perfoliatum* L. Эпикофитов – 13 (15.3%): *Eremopyrum orientale* (L.) Jaub. & Spach, *Convolvulus arvensis* L., *Aconogonon alpinum* (All.) Schur, *Axyris*

amaranthoides L., *Chenopodium glaucum* L., *Bunias orientalis* L., *Sisymbrium loeselii* L., *Malus domestica* Borkh., *Medicago lupulina* L., *Melilotus albus* Medikus, *Cichorium inthybus* L., *Fallopia convolvulus* (L.) A. Love, *Raphanus raphanistrum* L. Агриофит, требующий особого внимания, один (1.2%) – *Descurainia sophia* (L.) Webb ex Prantl.

В спектре жизненных форм закономерно лидируют яровые монокарпики – 64.7%, 7.1 – стержнекорневые поликарпики, по 5.9% имеют лиановидные монокарпики и двулетние прямостоячие монокарпики, 3.5% – стелющиеся монокарпики, по 2.4% – у подземностолонных поликарпиков, столонноклубневых поликарпиков и корнеклубневых монокарпиков, по 1.2% – у плотнокустовых поликарпиков, озимых монокарпиков, кистекорневых поликарпиков, корнеотпрысковых поликарпиков и листопадных деревьев.

Наибольшую тревогу вызывает агриофит *Descurainia Sophia* (L.) Webb ex Prantl и четыре вида, наблюдаемые в большом числе: *Raphanus raphanistrum* L. (19), *Lappula squarrosa* (Retz.) Dumort. (12), *Polygonum humifusum* Merk, ex K. Koch (10).

Таким образом, адвентивная флора Воркуты относительно бедна и насчитывает 85 видов

растений 19 семейств. Лидирует сем. *Brassicaceae*, что объясняется внедрением большого количества сорных растений и суровым климатом для внедрения других красивых полевых растений, что также ярко проявляется в доминировании в биоморфологическом спектре монокарпических трав. Все виды являются неофитами, большая часть – ксенофиты (62.4%) и эфемерофиты (78.8%), что прекрасно объясняется случайным характером заноса этих растений.

ЛИТЕРАТУРА

Бобров Ю.А., Лукашева Т.В., Кузнецова Я.В., Поздеева Л.М. Адвентивные виды однодольных Республики Коми // Фиторазнообразие Восточной Европы. 2017. Т. XI. № 4. С. 75–99.

Лукашева Т.В., Бобров Ю.А. Конспект адвентивных видов флоры лесной зоны европейского северо-востока России // Научная интеграция: Сборник научных трудов. М., 2016. С. 709–717.

Мартыненко В.А., Груздев Б.И. Сосудистые растения Республики Коми. Сыктывкар, 2008. 136 с.

Серебряков И.Г. Экологическая морфология растений: Жизненные формы покрытосеменных и хвойных. М.: Высшая школа, 1962. 377 с.

Серебряков И.Г. Жизненные формы высших растений и их изучение // Полевая геоботаника. В 5-ти т. М.-Л., 1964. Т. 3. С. 146–208.

Schroeder F.-G. Zur Klassifizierung der Anthropochoren // Vegetatio. 1969. Bd. 16. S. 225–238.

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ НА ДИНАМИКУ РОСТА ШТАММА *CHLOROMONAS RETICULATA* (GOROSCHANKIN) GOBI, ВЫЗЫВАЮЩЕГО КРАСНОЕ ЦВЕТЕНИЕ СНЕГА НА ПРИПОЛЯРНОМ УРАЛЕ

Д.А. Постельный¹, И.В. Новаковская²

¹ Сыктывкарский государственный университет им. Питирима Сорокина, г. Сыктывкар

² Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар

E-mail: ra.ko.28.97@gmail.com; novakovskaya@ib.komisc.ru

Микроводоросли синтезируют и накапливают широкий спектр уникальных биологически активных веществ (БАВ): каротиноиды, витамины, щ-3,6 полиненасыщенные жирные кислоты, аминокислоты и другие технические продукты (Минюк и др., 2008; Чеканов, 2016). В настоящее время активно ведется поиск видов, перспективных для использования в биотехнологии. Особый интерес представляют водоросли, обитающие в экстремальных условиях, которые способны быстро накапливать биомассу и изменять синтез БАВ под влиянием неблагоприятных факторов среды. Один из таких объектов – штамм микроводоросли *Chloromonas reticulata* (Goroschankin) Gobi, выделенный из красного снега на территории Приполярного Урала. Штамм содержится в коллекции живых культур водорослей Института биологии Коми НЦ УрО РАН. Данный вид способен накапливать астаксантин – красный пигмент, являющийся вторичной пигментацией водорослей.

Цель работы – изучить влияние различных условий культивирования (питательная среда, ее pH, продолжительность освещения, разные

концентрации CO₂) на динамику роста штамма *C. reticulata*. Для этого было выполнено несколько серий экспериментов, в результате которых осуществлена оценка динамики роста культуры по следующим параметрам: средние размеры клеток в культуре; количество и биомасса клеток в 1 л (определяли с помощью камеры Горяева); оптическая плотность культуры (OD), измеряли с применением спектрофотометра UV-1700 (Shimadzu, Япония). Культивирование водоросли проводили во флаконах (Falcon, США) с применением жидкой питательной среды 3N BBM. Для инициации роста клеток использована люминесцентная лампа Sylvania GRO-Lux F36W/Gro (Германия), создающая плотность потока фотонов 35 мкМоль м⁻²с⁻¹ на уровне флаконов. Соотношение периодов свет/темнота – 12/12 ч (кроме эксперимента по влиянию продолжительности освещения). Наращивание биомассы проводили на шейкере при перемешивании порядка 180–200 оборотов в минуту при *t* = 24 °C.

C. reticulata – одноклеточная зеленая водоросль с широким ареалом распространения.

Встречается в водной, почвенной среде, а также вызывает цветение снега и льда. Представлена одиночными, двужгутиковыми клетками, с эллипсоидной или яйцевидной формой, 11–20 мкм в длину и 5–15 мкм в ширину (Matsuzaki et al., 2012).

В первой серии экспериментов испытывали влияние питательной среды 3N BBM (pH 6.25) и дистиллированной воды (pH 6) на динамику роста штамма (см. таблицу). Исследование проводили в течение трех недель в трех повторностях для каждой среды. В зависимости от использованной питательной среды изменялись размеры и форма клеток. По окончании срока культивирования на среде 3N BBM клетки имели более вытянутую и узкую форму, на дистилляте – округлую. При недостатке питательных элементов в среде (на дистиллированной воде) наблюдали более быстрое старение культуры, клетки изменили окраску с зеленого на грязно-зеленый цвет, были заполнены содержимым и собирались в комплексы. На питательной среде 3N BBM отмечали увеличение количественных показателей.

На следующем этапе работы изучали влияние pH среды на динамику роста штамма (см. таблицу). При постановке эксперимента использовали питательную среду 3N BBM с pH 6.05, 5.5, 5.0. Эксперимент проводили в течение трех недель в двух повторностях для каждой среды. Установлено, что pH 5.5 является оптимальным для исследованного штамма. При этих значениях отмечаются наибольшее количество клеток и биомасса водоросли (см. таблицу). Такая кислотность среды соответствует pH талого снега, из которого был изолирован штамм.

Третья серия экспериментов связана с изучением влияния продолжительности освещения на динамику роста *C. reticulata*. Эксперимент проводили в течение трех недель в двух повторностях. Первую неделю сохранялось

одинаковое освещение 12 ч день и 12 ч ночь для всех культур. На вторую и третью недели соотношение периодов свет/темнота – 8/16 ч в первом случае, во втором – культура находилась на свету 24 ч. При разной продолжительности освещения выявлены отличия в количественных показателях и биомассе штамма. При 8-часовом освещении основные показатели динамики роста культуры несколько выше, чем при круглосуточном. При 24-часовом освещении клетки собираются в агрегаты, что обычно характерно для старых культур (см. таблицу).

Проведено исследование влияния разных концентраций углекислого газа на динамику роста микроводоросли. Эксперимент проходил в течение двух недель в двух повторностях. Штамм культивировали на питательной среде 3N BBM без дополнительного введения углекислого газа и с введением в культуральный флакон CO₂ в концентрации 3–5%. Наибольшая биомасса и количество клеток отмечались во флаконах с добавлением углекислого газа (до 12 раз). Зафиксировано также увеличение вторичных каротиноидов (OD 470) в 12 раз при культивировании с дополнительным введением CO₂ во флакон. CO₂ увеличивает скорость фотосинтеза, что приводит к интенсивному росту культуры и при недостатке питательных веществ в среде – к ее быстрому старению.

В ходе работы показано, что для культивирования микроводоросли *C. reticulata* оптимальным является освещение 8–12 ч день и 12–16 ч ночь с плотностью потока фотонов 35 мкМоль м⁻²с⁻¹, питательная среда 3N BBM с pH 5.5. Введение углекислого газа в концентрации 3–5% в культуральный флакон приводит к резкому увеличению количества клеток и биомассы микроводоросли (до 12 раз по сравнению с контролем). Следующим этапом исследования будет повторение проделанных экспериментов и подбор оптимальных условий, обеспечиваю-

Основные показатели динамики роста культуры *Chloromonas reticulata* при различных условиях культивирования

Условия культивирования	Биомасса		Количество клеток в 1 л, млрд.	OD680/ OD720	OD 470	Средняя ширина		Средняя длина	
	мг/л	±				мкм	±	мкм	±
Влияние питательной среды									
3NBBM	283	46.14	0.60	0.007	0.172	8.14	1.51	13.49	1.59
Дистиллят	122	5.81	0.21	0.008	0.206	9.85	1.74	11.67	1.32
Влияние pH питательной среды									
3NBBM, pH-5.0	491	106.8	0.61	0.034	0.364	9.99	3.78	13.88	3.44
3NBBM, pH-5.5	863	155.3	1.125	0.037	0.369	10.55	2.12	13.57	1.89
3NBBM, pH-6.05	751	73.3	0.82	0.051	0.482	10.84	2.51	14.73	1.90
Влияние продолжительности светового периода									
8 ч	346	61.94	0.46	0.0069	0.242	10.57	3.40	14.27	2.15
24 ч	293	33.17	0.35	0.0065	0.217	10.26	2.75	13.82	2.52
Влияние разных концентраций CO ₂									
С дополнительным введением CO ₂ 3-5%	7298	1449	5.56	0.395	2.053	12.71	3	13.67	3
Без дополнительного введения CO ₂	469	87.83	0.6	0.149	0.168	10.66	2	12.65	2

щих максимальное накопление астаксантина в биомассе.

Работа выполнена в рамках бюджетной темы № АААА-А16-116021010241-9 и проекта УрО РАН № 18-4-4-1.

ЛИТЕРАТУРА

Чеканов К.А. Функционирование фотосинтетического аппарата микроводоросли *Haematococcus pluvialis* (Chlorophyceae) при переходе в состояние гематоцисты: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 2016. 15 с.

Минюк Г.С., Дробецкая И.В., Чубчикова И.Н., Терентьева Н.В. Одноклеточные водоросли как возобновляемый биологический ресурс: обзор // Морской экологический журнал. 2008. Т. VII. № 2. С. 5–23.

Matsuzaki R., Hara Y., Nozaki H. A taxonomic revision of *Chloromonas reticulata* (Volvocales, Chlorophyceae), the type species of the genus *Chloromonas*, based on multigene phylogeny and comparative light and electron microscopy // Phycologia. 2012. Vol. 51 (1). P. 74–85.

ПРЕДСТАВИТЕЛИ РОДА *COTONEASTER* MEDIK. В ДЕНДРАРИИ БОТАНИЧЕСКОГО САДА ИНСТИТУТА БИОЛОГИИ КОМИ НЦ УрО РАН

А.Н. Пунегов

Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар
E-mail: apunegov@ib.komisc.ru

В целях обогащения культурной флоры Республики Коми новым ассортиментом растений для использования в озеленении городов, в Ботаническом саду изучаются биологические особенности видов рода Кизильник (*Cotoneaster* Medik.). Кизильники – листопадные или вечнозеленые кустарники, неприхотливы к условиям города, хорошо переносят формовку и весьма декоративны в течение всего вегетационного периода, что позволяет использовать их в зеленом строительстве. В мировой флоре полиморфный род Кизильник насчитывает около 70 видов (Полякова, 1961), распространенных в горных областях Средней Азии, Ирана, Афганистана, Индии, Монголии, Китая и Непала. Во флоре Республики Коми встречаются два вида: *Cotoneaster melanocarpus* Fisch. ex Blytt (к. кизильник черноплодный) и *C. uniflorus* Bunge (к. одноцветковый) (Флора северо-востока..., 1976).

В настоящей работе рассмотрены данные о сезонном ритме и зимостойкости видов рода Кизильник при интродукции в среднетаежной подзоне Республики Коми.

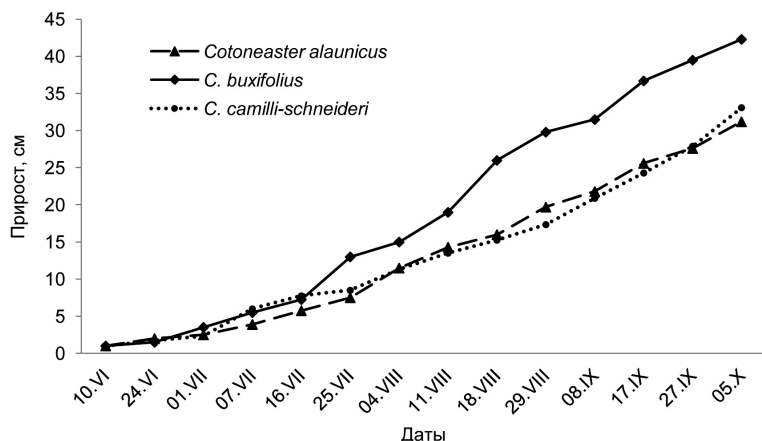
Исследования проводили в 2013–2017 гг. в дендрарии Ботанического сада Института биологии

Коми НЦ УрО РАН, расположенном в 8 км на юго-восток от г. Сыктывкара. При изучении биологии растений 16 видов рода Кизильник как произрастающих, так и выпавших из коллекции в новых почвенно-климатических условиях произрастания использовали общепринятые методики исследования древесных растений при интродукции.

Периоды с 1.V по 15.V и с 20.IX по 5.X считались ранними сроками начала и окончания вегетации, а с 16.V по 30.V и с 6.X по 20.X – поздними сроками начала и окончания, что соответствует продолжительности вегетации основного числа местных видов (Мартьянов, 2014).

В группу РР – с ранним началом и окончанием вегетации – вошли *C. cinnabarinus* Juz. (к. киноварно-красный), *C. hybrida* Juliette (*C. uniflorus* × *C. melanocarpus*) – к. гибрид (к. одноцветковый × к. черноплодный), *C. integerrimus* Medik. (к. цельнокрайний), *C. lucidus* Schlecht. (к. блестящий), *C. melanocarpus* Fisch. ex A. Blytt, *C. niger* (Wahlenb.) Fries (к. черный) с баллами зимостойкости от I до III, период вегетации этих видов составляет 136–145 дней.

В группу РП – с ранним началом и поздним окончанием вегетации – можно отнести *C. allochrous* Pojark. (к. инакоцветный), *C. amoenus* E.H. Wilson (к. прелестный), *C. ascendens* Flink et Hylmo (к. приподнимающийся), *C. bullatus* Bois (к. пузырчатый), *C. dammeri* C. K. Schneid. (к. Даммера), *C. horizontalis* Decne. (к. горизонтальный), *C. roseus* Edgew. (к. розовый), которые имеют баллы зимостойкости от II до IV, период вегетации – 150 дней и более. Рост побегов этих растений завершается в середине второй декады сентября, поэтому более 50% длины однолетних побегов остается не одревесневшей, что приводит к их обмерзанию в зимний пе-



Динамика прироста годичных побегов некоторых видов *Cotoneaster* в 2014 г.

риод и понижению зимостойкости растений в целом. Однако благодаря высокой побегообразующей способности в течение летнего периода растения быстро восстанавливаются после зимнего обмерзания. Меньшая зимостойкость видов группы РП по сравнению с видами группы РР объясняется их географической принадлежностью. Виды группы РР имеют более широкий ареал распространения, нежели виды группы РП, происходящие из Центрального и Юго-Восточного Китая. В группу ПП – с поздним началом и окончанием вегетации – отнесены *C. alaunicus* Golits. (к. алаунский), *C. buxifolius* Wall. ex Lindl. (к. самшитolistный), *C. camilli-schneideri* Pojark. Побеги этих растений начинают свой рост во второй декаде июня (см. рисунок) и завершают его при наступлении отрицательных температур, что приводит к их ежегодному обмерзанию и является причиной гибели растений.

Анализ результатов наших исследований показал, что все культивируемые виды рода Кизильник по срокам начала и окончания вегетации в условиях среднетаежной подзоны Республики Коми делятся на три фенологические группы: РР – рано начинающие и рано заканчивающие; РП – рано начинающие и поздно заканчивающие; ПП – поздно начинаю-

щие и поздно заканчивающие. Растения видов *C. cinnabarinus*, *C. ×hybrida* (*C. uniflorus* × *C. melanocarpus*), *C. integerrimus*, *C. lucidus*, *C. melanocarpus*, *C. niger* являются наиболее перспективными для интродукции на Севере и могут быть рекомендованы для озеленения южных и центральных районов Республики Коми. Требуют дальнейшего изучения *C. allochrous*, *C. amoenus*, *C. ascendens*, *C. bullatus*, *C. dammeri*, *C. horizontalis*, *C. roseus*, у которых с возрастом возможен переход из одной фенологической группы в другую. Наименее перспективны для культивирования в новых условиях *C. alaunicus*, *C. buxifolius*, *C. camilli-schneideri* с поздними сроками начала и окончания вегетации.

ЛИТЕРАТУРА

Мартынов Л.Г. Результаты интродукции древесных растений европейского происхождения в Ботаническом саду Института биологии Коми научного центра УрО РАН // Известия Коми научного центра УрО РАН. 2014. № 3(19). С. 58–64.

Пояркова А.И. Новые виды кизильника для флоры Советского Союза и Китая // Ботанические материалы Гербария Ботанического института им. В.Л. Комарова АН СССР. Л., 1961. Т. XXI. С. 161–205.

Флора северо-востока европейской части СССР. Л., 1976. Т. III. 296 с.

ИЗМЕНЕНИЕ ВИДОВОГО РАЗНООБРАЗИЯ ФИТОЦЕНОЗОВ ПОСЛЕ СПЛОШНОЛЕСОСЕЧНОЙ РУБКИ ЕЛЬНИКОВ СРЕДНЕЙ ТАЙГИ (НА ПРИМЕРЕ РЕСПУБЛИКИ КОМИ)

Д.А. Севергина, Н.В. Лиханова

Сыктывкарский государственный университет им. Питирима Сорокина, г. Сыктывкар
E-mail: Angels-danya@mail.ru

Рубки леса являются мощным фактором, приводящим к появлению антропогенных модификаций фитоценозов, не способных в полной мере выполнять функции, аналогичные таковым в природных экосистемах. При оценке формирования производных фитоценозов после рубки следует уделять особое внимание развитию нижнего яруса и создаваемому им «фитогенному климату», который в значительной мере определяет процесс естественного возобновления древесных растений и темпы сукцессий растительности на вырубке (Чертовской, 1963; Геникова и др., 2016). Для прогнозирования направления сукцессионных смен растительности необходим сравнительный анализ развития напочвенного покрова вырубок и спелых ельников.

Цель данной работы – оценка изменений видового состава растений напочвенного покрова на 10-летней вырубке после сплошнолесосечной рубки ельников на полугидроморфных почвах в условиях средней тайги Республики Коми.

Экспериментальные работы выполнены на территории Чернамского лесного стационара

Института биологии Коми НЦ УрО РАН (62°01' с.ш., 52°28' в.д.) на двух постоянных пробных площадях (ППП) размерами 0.2 и 0.25 га, заложенных в спелых ельниках черничном влажном и долгомошно-сфагновом. В зимний период 2006 г. в них проведена сплошнолесосечная рубка. В 2016 г. для получения полной фитоценотической характеристики живого напочвенного покрова вырубке ельников фиксировали видовой состав растений. Для оценки состояния растительного покрова использована трансектная схема организации наблюдений с регулярным шагом апробирования. Длина трансекты составила 500 м, площадки закладывались с шагом 10 м. Геоботаническое описание составлено по (Шенников, 1964), названия растений даны по (Черепанов, 1995).

В ельнике черничном влажном древостой разновозрастный (70–210 лет), состав 7Е2Б1С. Флористический список растений под пологом спелого древостоя включает 24 вида, в том числе в травяно-кустарничковом ярусе (ТКЯ) – 15. Общее проективное покрытие (ОПП) ТКЯ – 40–50%, а мохово-лишайникового яруса – 90–95%. В ТКЯ доминирует *Vaccinium myrtillus* с баллом

обилия 5. Хорошо развита группа разнотравья. Из зеленых мхов преобладал *Hylacomium splendens* с баллом обилия 5 (Бобкова, 2006).

Древостой ельника долгомошно-сфагнового разновозрастный (70–200 лет), состав 6ЕЗБ1С. В составе ТКЯ (ОПП – 40%) отмечено 14 видов, в мохово-лишайниковом ярусе – девять (Бобкова, 2006).

На вырубке ельников с увеличением освещенности возрастает интенсивность испарения, более резкими становятся колебания температуры и усиливается действие ветра, что приводит к смене растительности (Ларин и др., 1989). На 10-летней вырубке ельника черничного влажного отмечено 14 видов, в том числе в ТКЯ – девять. На вырубке ельника долгомошно-сфагнового отмечено 12 видов, восемь из которых входят в ТКЯ.

ОПП ТКЯ на волоке вырубки ельника черничного влажного составляет 30–40%, мохово-лишайникового яруса – 40–50. На пасечных участках ОПП ТКЯ – 20–30%, мохово-лишайникового яруса – 40–50. На волоке вырубки ельника долгомошно-сфагнового ОПП ТКЯ составляет 20–30%, мохово-лишайникового яруса – 40–60. На пасеке данной вырубки ОПП ТКЯ – 20–30%, мохово-лишайникового яруса – 50–70. Увеличение проективного покрытия сфагновых мхов вызвано ростом влажности сообществ на вырубках (Шенников, 1964).

Под действием сплошнолесосечной рубки изменяется разнообразие растений лесного фитоценоза. На 10-летней вырубке ельников интенсивно развиваются светолюбивые лесные, опушечные и луговые виды растений. Так, на вырубке ельника черничного влажного наблюдается появление *Chamaenerion angustifolium*, *Carex globularis*, *Luzula pilosa*. На вырубке ельника долгомошно-сфагнового заселение *Chamaenerion angustifolium* выражено в меньшей степени. Согласно (Федорчук и др., 1995, 2005), на вырубках еловых лесов, расположенных в подзоне средней и южной тайги, на третий-пятый год после рубки незначительно восстанавливаются лесные виды. Наиболее значительные изменения разнообразия растений напочвенного покрова в биогеоценозе происходят

чаще всего через 3–6 лет после рубки, а к 10–14 годам показатели по количеству видов начинают приближаться к исходным сообществам.

Таким образом, в еловых сообществах средней тайги после сплошнолесосечной рубки отмечены существенные изменения видового разнообразия растений напочвенного покрова. Наблюдаются снижение ОПП мохово-лишайникового яруса и незначительное увеличение ОПП ТКЯ на волоках. Изменения разнообразия растений обусловлены изменением освещенности и влажности. На вырубках наблюдается увеличение доли *Carex globularis*, а также *Pleurozium schreberi* в ельнике-черничнике, *Polytrichum commune* и *Sphagnum sp.* – в ельнике долгомошно-сфагновом.

ЛИТЕРАТУРА

- Бобкова К.С. Еловые леса средней подзоны тайги // Коренные еловые леса Севера: биоразнообразие, структура, функции. СПб.: Наука, 2006. С. 99–158.
- Геникова Н.В., Торопова Е.В., Крышень А.М. Реакция видов напочвенного покрова ельника черничного на рубку древостоя // Труды Карельского научного центра Российской академии наук. Серия: Экологические исследования. Петрозаводск, 2016. № 4. С. 92–99.
- Ларин В.Б., Паутов Ю.А. Формирование хвойных молодняков на вырубках северо-востока европейской части СССР. Л.: Наука, 1989. 144 с.
- Паутов Ю.А., Ильчуков С.В. Динамика структуры производных древостоев на вырубках ельников-черничников. Сыктывкар, 1994. 24 с. (Науч. докл. / Коми науч. центр УрО РАН. Вып. 345).
- Федорчук В.Н., Кузнецова М.Л. Изменение показателей лесных биогеоценозов на начальных этапах восстановительной сукцессии после сплошных рубок (по материалам постоянных наблюдений) // Бюл. Моск. об-ва испытателей природы. Отд. Биология. 1995. Т. 100. Вып. 2. С. 85–99.
- Федорчук В.Н., Нешатаев В.Ю., Кузнецова М.Л. Лесные экосистемы северо-западных районов России: типология, динамика, хозяйственные особенности. СПб., 2005. 382 с.
- Черепанов С.К. Сосудистые растения России и сопредельных государств. СПб., 1995. 990 с.
- Чертовской В.Г. Долгомошные вырубки, их образование и облесение. М., 1963. 134 с.
- Шенников А.П. Введение в геоботанику. Л., 1964. 447 с.

СЕЗОННЫЙ РИТМ РАЗВИТИЯ И СОСТОЯНИЕ ПОПУЛЯЦИЙ ПРОСТРЕЛА РАСКРЫТОГО (*PULSATILLA PATENS* (L.) MILL. S.L.) В РЕСПУБЛИКЕ КОМИ

Е.А. Федяева¹, А.С. Фадеев¹, О.Е. Валуйских²

¹ Сыктывкарский государственный университет им. Питирима Сорокина, г. Сыктывкар

² Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар

E-mail: valuyskikh@ib.komisc.ru

Одна из наиболее интересных и слабо изученных в Республике Коми – это группа раннецветущих травянистых растений (первоцветов), которые начинают свою вегетацию ранней весной (май-июнь) сразу после таяния снежно-

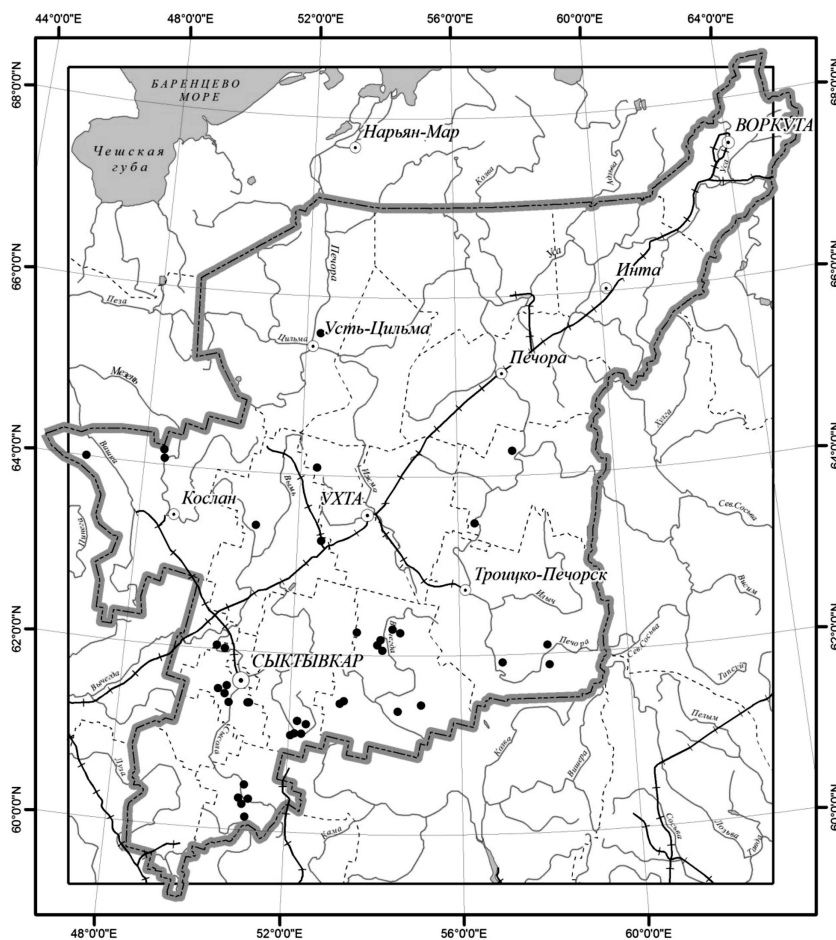
го покрова. Десять из 26 раннецветущих видов региона включены в Красную книгу Республики Коми (2009), находятся в регионе на границе своего ареала, являются реликтами или эндемиками Урала и представляют особый инте-

рес. Сведения об их распространении и эколого-фитоценотической приуроченности на территории республики нуждаются в уточнении, а данные по численности и структуре популяций отсутствуют, недостаточны или требуют дополнения. Данная работа посвящена изучению некоторых аспектов популяционной биологии одного из представителей ранневесенней флоры – прострела раскрытого (*Pulsatilla patens* (L.) Mill.). Этот евразийский лесостепной вид встречается в большинстве районов европейской части, отмечен в Западной Сибири (Никитина и др., 1978; Степанов, 2014). В Республике Коми *P. patens* находится на границе своего ареала, включен в региональную Красную книгу (2009) с категорией редкости 2 (виды, сокращающиеся в численности) и спорадически встречается в сосновых борах и вырубках, на известняковых склонах в долинах рек (Мартыненко, 1976).

В 2017 г. мы исследовали две ценопопуляции *P. patens* на территории Республики Коми в Сыктывдинском (окрестности пос. Кочкойяг) и Троицко-Печорском (окрестности пос. Знаменка) районах. Первая ценопопуляция (ЦП 1) располагалась в антропогенно трансформированном участке на границе с сосняком лишайниковым вблизи железнодорожной насыпи (N 61°57'15.3", E 50°36'16.8"), а вторая (ЦП 2) – в сосняке кустарниково-зеленомошно-лишайниковом (N 61° 58'1.3", E 56°53'21.8"). Для изучения сезонного развития и структуры ценопопуляций использовали стандартные популяционно-онтогенетические методы и терминологию. В сообществах с участием *P. patens* закладывали трансекты длиной 20 м, на которых отмечали все особи этого вида с учетом их онтогенетического состояния. Для ценопопуляций определяли площадь, численность, плотность растений, соотношение особей разного биологического возраста (в % от общего числа растений). Помимо этого фиксировали фенологические стадии растений *P. patens* (в мае, июне, августе) и окраску околоцветника генеративных растений, осуществлен сбор гербарных образцов. Статистическую обработку полученных данных проводили в программе MS Office Excel.

Нами проанализированы гербарные сборы (этикетки) с уточнением географических ко-

ординат мест произрастания *P. patens* s.l. в регионе и нанесением их на карту, а также выявлены новые места произрастания этого вида в Республике Коми (см. рисунок). Отметим, что в результате анализа гербарных материалов, собранных с территории европейского северо-востока России (УНУ «Научный гербарий Института биологии Коми НЦ УрО РАН, SYKO») и Уральского региона (УНУ «Музей Института экологии растений и животных УрО РАН, SVER»), и предварительной таксономической ревизии мы предположили, что на территории Республики Коми пересекаются ареалы (и/или проходит зона гибридизации) нескольких таксонов рода *Pulsatilla* (*P. uralensis* (Zam.) Tzvel., *P. multifida* (Pritz.) Juz.). Эти виды не включены во флористические списки Республики Коми, но отмечены на сопредельных территориях. Разное понимание объема вида, наличие переходных форм на Урале, а также противоречивые сведения по морфологии, экологии, таксономии и области распространения представителей этого рода вызывают ряд вопросов. Поэтому в рамках данной темы объем таксона понимали в широком смысле, допуская неоднородность исследованных популяций и рассматри-



Карта мест произрастания *Pulsatilla patens* s.l. в Республике Коми, выполненная на основе гербарных сборов, хранящихся в Научном гербарии Института биологии Коми НЦ УрО РАН (SYKO) с добавлениями авторов.

вая их в рамках комплекса *P. patens* s.l. В связи с этим для дальнейшей работы необходима тщательная таксономическая ревизия рода *Pulsatilla* в Республике Коми, в том числе молекулярно-генетическими методами с поиском маркеров для видовой идентификации.

Установлено, что сезонное развитие *P. patens* в Республике Коми начинается с мая и длится около трех месяцев. Нами выявлено, что вегетация побегов в двух географических районах начинается примерно в одни и те же сроки и приходится на середину мая. Цветение особей в 2017 г. было отмечено в конце мая – начале июня. Плодоношение особей приходится на первую-вторую декады июля. Для ЦП 1 характерны светло-желтые или почти белые с сизым налетом цветки, а в ЦП 2 отмечен полиморфизм по окраске околоцветника: в пределах одной популяции встречались желтые (17%), белые (33%) и сине-фиолетовые (50) цветки. Численность ценопопуляций *P. patens* не превышала 250 особей. ЦП 1 располагалась на площади в 37.5 м² (средняя плотность – 3.5 экз./м²), ЦП 2 тянулась вдоль сосняка кустарниково-зеленомошно-лишайникового более чем на 1 тыс. м² (средняя плотность – 0.3 экз./м², в скоплениях – 2.8). В исследованных местах обитания *P. patens* проростки этого вида не обнаружены и при построении онтогенетических спектров мы не рассматривали эту группу особей. Установлено, что в обеих популяциях присутствуют все остальные онтогенетические группы особей, их возрастной спектр – полночленный, центрированный: ЦП 1: *j* – 3.6%, *im* – 21.4, *v* – 42.9, *g* – 25, *s* – 7.1; ЦП 2: *j* – 3.6%, *im* – 18.2, *v* – 16.4, *g* – 60, *s* – 1.8. В онтогенетическом спек-

ре ЦП 1 преобладают виргинильные особи, а в ЦП 2 велика доля генеративных растений. Доля молодых особей в обеих популяциях примерно одинаковая и не превышает 25%. Вероятно, преобладание тех или иных онтогенетических групп в ценопопуляциях *P. patens* связано с особенностью эколого-фитоценологических условий произрастания, а также развитием самих популяций и динамикой онтогенетических спектров. Установлено, что исследованные ценопопуляции находятся в удовлетворительном состоянии, их численность и структура соотносятся с данными по региону (Красная книга, 2009), а состояние не вызывает опасений.

Работа выполнена в рамках государственного задания на тему «Структурно-функциональная организация растительных сообществ, разнообразие флоры, лишено- и микобиоты южной части национального парка “Югыд ва”» (№ АААА-А16-116021010241-9) при частичной поддержке Комплексной программы фундаментальных исследований УрО РАН на 2018 г. (№ АААА-А17-117121270031-2).

ЛИТЕРАТУРА

- Красная книга Республики Коми / Под ред. А.И. Таскаева. Сыктывкар, 2009. 791 с.
 Мартыненко В.А. Род *Pulsatilla* Adans. – Прострел, сон-трава // Флора северо-востока европейской части СССР. Л.: Наука, 1976. Т. 3. С. 19–20.
 Никитина С.В., Денисова Л.В., Вахрамеева М.Г. Прострел раскрытый // Биологическая флора Московской области. 1978. Вып. 4. С. 79–85.
 Степанов Н.В. Заметки о некоторых видах *Pulsatilla* L. (Ranunculaceae) из приенисейских Саян // Систематические заметки по материалам Гербария им. П.Н. Крылова Томского государственного университета. 2014. № 109. С. 6–19.

МАТЕРИАЛЫ К АЛЬГОФЛОРЕ БОЛОТА МЭДЛА-ПЭВ-НЮР (ПОДЗОНА СРЕДНЕЙ ТАЙГИ, РЕСПУБЛИКА КОМИ)

Ю.Н. Шабалина¹, И.Н. Стерлягова²

¹ Сыктывкарский государственный университет им. Питирима Сорокина, г. Сыктывкар

² Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар

E-mail: julia-n-shabalina@rambler.ru; irina.sterlyagova@rambler.ru

В Республике Коми (северо-восток европейской части России) болота занимают площадь 3.2 млн. га. Рассматриваемые природные объекты имеют большое экосистемное и хозяйственное значение. Болота Республики Коми в альгологическом отношении остаются недостаточно изученными. Первая работа о водорослях болот данной территории опубликована Ю.Д. Цинзерлингом (1929), где для Усинского болота указано 25 видов из пяти отделов. В дальнейшем были исследованы водоросли для 12 болот на территории республики (Гецен, 1973; Патова, Гарус, 2005; Стенина, 2011 и др.). На настоящий момент, по данным литературы, в болотах Республики Коми выявлено около 280 видов с внутривидовыми таксонами водорослей из восьми отделов.

Ненарушенное мезоолиготрофное болото Медла-Пэв-Нюр расположено в подзоне средней тайги Республики Коми в Сыктывдинском районе (61°55'–61°57' с.ш., 50°12'–50°20' в.д.). Болото отличается сложной структурой, состоит из нескольких массивов, разделенных лесными грядами, островами и проточными топами (Углерод..., 2014). В последние годы экосистему этого болота активно изучают (Углерод..., 2014; и др.). Однако разнообразие водорослей остается практически неизученным. В двух публикациях (Войтехов, 2017; Войтехов, Анисимова, 2017) упоминается, что в болоте Медла-Пэв-Нюр в массе на сфагнуме обнаружены представители 7–10 родов десмидиевых (без указания таксонов), водоросли родов *Frustulia* и *Hapalosiphon* (без упоминания видов).

Цель настоящей работы – изучение разнообразия водорослей юго-западной части болота Медла-Пэв-Нюр в осенний период. Пробы водорослей были отобраны 27 сентября 2017 г. на четырех станциях вдоль проложенного через болото деревянного помоста. На трех станциях практически нет открытых водных поверхностей, поэтому здесь отбирали только пробы обрастаний сфагнома. Станция № 4 представляла собой водную поверхность около 4–5 м в диаметре и около 15 см глубиной. Здесь были собраны пробы обрастания мхов и фитопланктон.

Пробы отбирали общепринятыми методами. Часть материала фиксировали 4%-ным формалином, другую часть исследовали в живом виде и использовали для выделения культур. В связи с низким обилием Bacillariophyta для изготовления постоянных препаратов створок органическое вещество удаляли прожиганием капли пробы на покровном стекле. Виды определяли в световых микроскопах Nikon Eclipse 80i и XSZ-2101. Роль видов в альгоценозах устанавливали по шестибалльной шкале.

Всего выявлено 64 вида с внутривидовыми разновидностями из семи отделов: Bacillariophyta – 40, Streptophyta – 13, Cyanoprokaryota – шесть, Chlorophyta – два, Ochrophyta, Euglenophyta, Dynophyta – по одному. Из восьми классов наиболее разнообразно представлены Bacillariophyceae (39 видов с разновидностями) и Zygnematomphyceae (13), остальные включают не более шести таксонов. Из 17 порядков преобладают Naviculales (18 видов), Eunotiales (13) и Desmidiaceae (12), среди 27 семейств – Eunotiaceae (13), Pinnulariaceae (11) и Desmidiaceae (10). Из 38 родов наиболее разнообразно представлены диатомовые *Eunotia* (13) и *Pinnularia* (11), остальные включают один-три вида. Одновидовые роды составляют 86%.

В разных точках разнообразие водорослей сильно варьирует. Наибольшее число видов (50 таксонов из шести отделов) отмечено на станции № 4. Наибольшее разнообразие зафиксировано в пробе планктона, где выявлено 42 вида. В пробе обрастаний мхов обнаружено 23 вида. На этой станции также отмечено наилучшее развитие водорослей (до 4–5 баллов). Сравнительно разнообразно представлены водоросли на станции № 2: 25 таксонов из трех отделов. В данной точке присутствовали небольшие лужицы, из которых преимущественно собирали материал. На станциях № 1 и 3 таких лужиц практически нет. Здесь было выявлено по пять видов водорослей в виде единичных индивидуумов на станции № 1 и с обилием 1–2 балла на станции № 3. Различия в развитии водорослей на станциях, вероятно, связано с разным уровнем обводненности в исследуемый период, а также в другие периоды вегетационного сезона, так как, согласно данным о структуре высшей растительности болота (Углерод..., 2014), точки № 2 и 4 соответствуют участкам

топей, где в более влажные периоды отмечен высокий уровень воды. На крайне низкое развитие водорослей на станциях № 1 и 3, возможно, также повлияли низкие температуры в течение сентября 2017 г.

Так как в основном был исследован перифитон, в пробах закономерно преобладают организмы, связанные с бентосом (бентосных – 27% от всех выявленных видов, планктонно-бентосных – 9%), планктонных видов – два. Примерно для половины таксонов неизвестны экологические характеристики по отношению к содержанию солей и кислотности среды. Из тех видов, для которых эти данные установлены, преобладают индифференты по отношению к содержанию солей в воде (18%), много видов-галофилов (12%). Из галофилов обнаружен только один вид *Melosira varians* C.Ag. в виде единичных клеток в планктоне на станции № 4. По отношению к кислотности среды заметно преобладают виды-ацидофилы (17%), отмечен один ацидобионт – *Kobayasiella parasubtilissima* (Kobayasi & Nagumo) Lange-Bert. Индифферентов – 11%. Три алкалофильных вида (*Melosira varians*, *Epithemia adnata* (Kütz.) Bréb. и *Navicula capitatoradiata* Germ.) выявлены в планктоне на станции № 4 в виде единичных клеток. Среди видов, для которых известна группа сапробности (данные отсутствуют для 42% таксонов), преобладают олигосапробы (27%). В целом, индикаторы чистых вод составляют 36.5%. Виды, характерные для загрязненных вод, представлены пятью видами (8% видов), четыре из них отмечены в планктоне на станции № 4 в виде единичных клеток, бетамезосапроб *Eunotia bilunaris* (Ehr.) Schaarschmidt обнаружен с обилием 2 балла на станции № 1. Географический анализ показал преобладание космополитов. Аркто-альпийских видов – 8%, обнаружен один бореальный вид (*Eunotia lapponica* Grun. ex A. Cl.).

Таким образом, предварительный анализ альгофлоры юго-западной части болота Медла-Пэв-Нюр показал сравнительно высокое число видов водорослей. Основу альгофлоры составляют диатомовые и десмидиевые водоросли. Дальнейшее более подробное изучение данного болота в течение вегетационного сезона, вероятно, позволит выявить более высокое разнообразие данной группы организмов.

Исследования выполнены при поддержке Комплексной программы фундаментальных научных исследований УрО РАН проект № 18-4-4-5 «Эмиссионная составляющая углеродного цикла пойменных болот среднетаежной подзоны в условиях климатических изменений».

ЛИТЕРАТУРА

Войтехов М.Я. К вопросу о причинах длительной устойчивости водоемов (озерков, мочажин) среди олиготрофных и дистрофных болот // Тр. Ин-та внутр. вод РАН. 2017. № 79 (82). С. 30–35.

Войтехов М.Я., Анисимова О.В. К вопросу о конкуренции болотных и водных парцелл (фаций) на сфагновых болотах // Углеродный баланс болот Западной Сибири в контексте изменения климата: Матер. Междунар. конф. Томск, 2017. С. 45–47.

Гецен М.В. Водоросли бассейна Печоры: состав и распространение. Л.: Наука, 1973. 147 с.

Патова Е.Н., Гарус М.Н. Водоросли лесных водоемов и болота Гусиное (Якшинский участок Печоро-Ильчского заповедника) // Тр. Печоро-Ильчского заповедника. Сыктывкар, 2005. Вып. 14. С. 243–246.

Стенина А.С. Диатомовые водоросли внутриболотного озера (бассейн реки Косью, Приполярный

Урал) // Диатомовые водоросли: морфология, систематика, флористика, экология, палеография, биостратиграфия: Матер. XII Междунар. науч. конф. диатомологов, посвященной 120-летию со дня рожд. А.И. Прошкиной-Лавренко. М., 2011. С. 142–144.

Углерод в лесных и болотных экосистемах особо охраняемых природных территории Республики Коми / Отв. ред. К.С. Бобкова, С.В. Загирова. Сыктывкар, 2014. 202 с.

Цинзерлинг Ю.Д. Очерк растительности болот по среднему течению Печоры // Изв. Гл. ботан. сада. 1929. Т. 28. С. 95–127.

КСИЛОТРОФНЫЕ МАКРОМИЦЕТЫ ХВОЙНЫХ ПОРОД ТУРИСТСКО-ЭКСКУРСИОННОГО РАЙОНА ГОСУДАРСТВЕННОГО ПРИРОДНОГО ЗАПОВЕДНИКА «СТОЛБЫ»

С.Г. Яськова¹, Д.Ю. Полянская²

¹ Сибирский федеральный университет, г. Красноярск

² Государственный природный заповедник «Столбы», г. Красноярск

E-mail: s.sadovnikova@mail.ru; donation333@yandex.ru

Хозяйственная деятельность человека, в том числе рекреационная, приводит к изменению лесных экосистем, а также и такого неотъемлемого компонента, как дереворазрушающие грибы. В работах многих исследователей (Стороженко, 2000; Шубин, 2000; Гаврицкова, Гордеева, 2007) отмечаются тенденции снижения видового разнообразия макромицетов, в том числе дереворазрушающих, с увеличением рекреационного воздействия на леса, изменение соотношения отдельных видов, вызывающих гнили древесины (Арефьев, 2000; Гаврицкова, 2007; Ставищенко, 2013). Особую актуальность эти вопросы имеют для государственного природного заповедника «Столбы», Красноярский край (ГПЗ «Столбы»), примыкающего к черте г. Красноярска. Его отличительной особенностью является исторически обусловленное наличие туристско-экскурсионного района (ТЭР), на протяжении десятилетий открытого для посещения. На территории ТЭР находятся несколько скальных групп – это и есть визитная карточка заповедника. Данный район пронизан дорожно-тропиночной сетью, имеющей в основном стихийное происхождение. В летне-осенний период заповедник посещает множество туристов. Несмотря на проводимые мероприятия по организации туристического движения уровень антропогенной нагрузки на растительность окрестностей скальных групп остается значительным. Наряду с травянисто-кустарничковым ярусом страдает и древостой, что может способствовать его заселению ксилотрофными макромицетами.

Цель настоящей работы – изучение видового разнообразия ксилотрофных макромицетов хвойных пород ТЭР ГПЗ «Столбы». В задачи входило выявление видового разнообразия ксилотрофных макромицетов хвойных пород в исследуемых растительных ассоциациях и анализ их таксономической структуры.

Объекты исследований – ксилотрофные макромицеты хвойных пород различных растительных ассоциаций заповедника «Столбы».

Исследования проводились в августе-сентябре 2014–2017 гг. Для сбора и идентификации видов грибов применялись стандартные методики и ряд научных работ отечественных и зарубежных авторов. Учитывались все элементы различных категорий древесного субстрата, заселенные ксилотрофными макромицетами. Закладывались безразмерные временные пробные площади по неповешенной ходовой линии. В ходе работы было заложено восемь пробных площадей преимущественно в окрестностях центральной группы скал, где проложены основные туристско-экскурсионные маршруты.

Анализ видового богатства биот ксилотрофных макромицетов различных лесных сообществ показал, что этот показатель достигает максимального значения в пихтовых осочково-разнотравных и осочково-крупнотравных формациях (до 17 видов). Вне зависимости от состава древостоя исследуемого фитоценоза наиболее часто заселяется ксилотрофами пихта, что может быть связано с ее биолого-экологическими особенностями. Далее по числу выявленных видов грибов идут сосна, лиственница, ель и кедр.

При сравнении видового разнообразия ксиломицетокомплекса различных участков ТЭР (анализ меры сходства с применением коэффициента Жаккара) было выявлено, что значительного сходства между пробными площадями не отмечается (коэффициент Жаккара не превышает 50%). Это может быть связано как с особенностями в сложении древостоя и запасами древесного опада в различных участках ТЭР, так и с уровнем антропогенной нагрузки в них (в некоторых местах из-за интенсивной проходимости практически полностью отсутствует травяно-кустарничковый ярус и сильно оголены корни деревьев).

В результате эколого-трофического анализа установлено, что только несколько видов широко распространены в лесных ассоциациях ТЭР заповедника, встречаясь очень часто на многих древесных породах и различных категориях субстрата практически по всем исследованным пробным площадям. Такими видами являются *Fomitopsis pinicola* (Sw.) P. Karst, заселяющий все виды хвойных пород заповедника (живые деревья, сухостой и валеж), и *Trichaptum abietinum* (Dicks.) Ryvardeen., встречавшийся на сухостое и валеже разных пород, предпочитая преимущественно древесину пихты. Для живых деревьев пихты и ее сухостоя характерен *Phellinus hartigii* (Allesch. & Schnabl) Pat. Обычным видом, заселяющим живые деревья сосны, является *Porodaedalea pini* (Brot.) Murrill. Встречаемость ксилотрофов на кедре, ели и лиственнице сравнительно низка, что не позволяет выделить доминантные виды ксилотрофных макромицетов для этих древесных пород.

Таким образом, ксиломикоценоз хвойных пород в туристско-экскурсионном районе заповедника представлен несколькими десятками достаточно широко распространенных в лесах Сибири видов, проявляющих различный спектр трофической активности. Для пихты и сосны в туристско-экскурсионном районе заповедника характерна высокая степень засе-

ления различных категорий субстрата трутовиками *Fomitopsis pinicola*, *Phellinus hartigii*, *Porodaedalea pini* и *Trichaptum abietinum*.

ЛИТЕРАТУРА

Арефьев С.П. Микологическая индикация состояния лесов и парков города Тюмени // Вестник Тюменского государственного университета. 2000. № 3. С. 119–126.

Гаврицкова Н.Н., Гордеева Т.Х. Биоиндикационные возможности микобиоты для оценки состояния лесных экосистем в зонах рекреации // Вестник Марийского государственного технического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. 2007. № 1. С. 67–76.

Ставишенко И.В. Состояние лесных сообществ дереворазрушающих грибов в районе падения отделяющихся частей ракет-носителей (Северный Урал) // Успехи современного естествознания. 2013. № 4. С. 60–63.

Стороженко В.Г. Стратегии и функции грибных сообществ лесных экосистем // Грибные сообщества лесных экосистем: Материалы координационных исследований. М.-Петрозаводск, 2000. С. 37–41 (Институт лесоведения РАН, Институт леса Карельского НЦ РАН).

Шубин В.И. Сукцессии макромицетов-симбиотрофов в лесных экосистемах таежной зоны // Грибные сообщества лесных экосистем: Сб. науч. тр. М.-Петрозаводск, 2000. С. 181–206 (Карельский НЦ РАН).

Секция 2 ИЗУЧЕНИЕ, ОХРАНА И РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЖИВОТНОГО МИРА

МИГРАЦИИ ГУСЕОБРАЗНЫХ И РЖАНКООБРАЗНЫХ ПТИЦ В РЕСПУБЛИКЕ КОМИ

Е.В. Данилова

Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар
E-mail: hvdan@rambler.ru

Представители гусеобразных и ржанкообразных птиц относятся к объектам охоты, поэтому изучение миграций птиц в Республике Коми нами будет рассмотрено на примере этих отрядов птиц.

Литературные данные показали неравномерность исследований миграций птиц в Республике Коми. Изучение миграций гусеобразных и ржанкообразных птиц в бассейне р. Печора началось с 1930-х гг. Основное исследование проходило во второй половине XX в. и относилось к району Печоро-Илычского заповедника (Теплов, 1948, 2010; Теплова, 1957; Сокольский, 1964) и бассейну средней Печоры (Естафьев, 1982). Бассейн р. Мезень исследовали только в середине XX в. (Корсаков, 1941; Турьева, 1951). Изучение бассейна р. Вычегда тоже относится в середине XX в. (Бородин, 1932; Естафьев, 2003) и продолжается нашими работами, начиная с 2008 г. (Данилова и др., 2010, Данилова, 2012а, б; 2014).

Таким образом, на основе литературы и наших данных можно сделать следующие выводы: гусеобразные и ржанкообразные птицы мигрируют в Республике Коми широким фронтом, придерживаясь географических ориентиров (бассейны рек, болота, озера, поля и луга близ населенных пунктов) весной в северо-восточном, северном и северо-западном направлениях; осенью – в южном, юго-западном и западном направлениях. В Республике Коми на пролете зарегистрировано 24 вида гусеобразных птиц и 32 вида ржанкообразных.

Условно территорию республики по срокам прилета можно поделить на две части: 1) от юга республики до района Ухты, Кослана прилет птиц наблюдают в конце марта–начале апреля по конец мая; отлет птиц осенью отмечен с середины августа–начала сентября по конец сентября, конец октября–начало ноября; 2) от района Ухты, Кослана на север Республики, где прилет птиц осуществляется немного позднее: с конца апреля–начала мая по конец мая–начало июня; осенью отлет птиц начина-

ется с середины августа–начала сентября по конец сентября или октября.

Миграции птиц в Республике Коми исследованы неравномерно и требуют дальнейшего изучения.

ЛИТЕРАТУРА

Бородин Л.Н. Промысловые виды из отряда пластинчатоклювых // Верхне-Вычегодская экспедиция. М., 1932. С. 163–175.

Данилова Е.В., Кочанов С.К., Накул Г.Л. Весенняя миграция уток в бассейне реки Сысолы (Республика Коми) // Вестн. Челябинского пед. ун-та. 2010. № 12. С. 323–333.

Данилова Е.В. Миграции гусеобразных птиц в бассейне р. Сысола (Республика Коми) в 2008–2010 гг. // Изучение динамики популяций мигрирующих птиц и тенденций их изменений на Северо-Западе России. СПб., 2012а. С. 100–108.

Данилова Е.В. Миграции ржанкообразных птиц в бассейне р. Сысола (Республика Коми) в 2008–2010 гг. // Рус. орнит. журн. Экспресс-выпуск. 2012б. Т. 21. Вып. 826. С. 3163–3172.

Данилова Е.В. Мониторинг миграции гусеобразных птиц в бассейне р. Сысола (Республика Коми) // Вестник охотоведения. 2014. Т. 11. № 2. С. 186–192.

Естафьев А.А. Сроки прилета, размножения и отлета гнездящихся птиц таежной зоны бассейна реки Печоры // Фауна Урала и прилежащих территорий: Сб. науч. тр. Свердловск, 1982. Вып. 10. С. 25–34.

Естафьев А.А. Водоплавающие птицы реликтового оз. Дон-ты в бассейне р. Вычегда // Современное состояние популяций, управление ресурсами и охрана гусеобразных птиц Северной Евразии. Петрозаводск, 2003. С. 126–127.

Корсаков А. Некоторые данные к обзору охот-промыслового состояния Удорского района Коми АССР // Природа и социалистическое хозяйство. М., 1941. Т. 8. Ч. 2. С. 331–320.

Сокольский С.М. Пролет водоплавающих в верховьях Печоры // Тр. Печоро-Илычского гос. заповедника. Сыктывкар, 1964. Вып. XI. С. 83–124.

Теплов В.П. Водоплавающие птицы района Печоро-Илычского заповедника // Тр. Печоро-Илычского заповедника. М., 1948. Вып. 4. Ч. 2. С. 3–66.

Теплова Е.Н. Птицы района Печоро-Илычского заповедника // Тр. Печоро-Илычского гос. заповед-

ника. Сыктывкар: Коми кн. изд-во, 1957. Вып. VI. С. 5–115.

Теплов В.В. Результаты мониторинга гусеобразных на весеннем и осеннем пролетах в Печоро-Илычском заповеднике (1956–2008 гг.) // Тр. Печоро-

Илычского заповедника. Сыктывкар, 2010. Вып. 16. С. 170–173.

Турьева В.В. Птицы Удорского района // Изв. Коми филиала Всесоюз. геогр. об-ва. 1951. Т. 1. Вып. 1. С. 71–79.

О РАСПРОСТРАНЕНИИ И ОХРАНЕ ЕВРОПЕЙСКОГО ХАРИУСА НА ТЕРРИТОРИИ ВОЛОГОДСКОЙ ОБЛАСТИ

А.С. Комарова

Государственный научно-исследовательский институт озерного и речного рыбного хозяйства им. Л.С. Берга
Вологодское отделение, г. Вологда
E-mail: komarowa.aleks@yandex.ru

Европейский хариус (*Thymallus thymallus* L., 1758) включен в приложение III (охраняемые виды фауны) Конвенции об охране дикой фауны и флоры и мест их обитания в Европе. Актуальная категория Красного списка МСОП – LC (Least Concern), т.е. широко распространенный вид без известных крупных угроз (Freyhof, 2013). Однако, согласно отчетам комиссии HELCOM (The Helsinki Commission) по защите среды Балтийского моря, численность европейского хариуса в данном бассейне за последние 20 лет сокращается, что нашло отражение в статусе вида – CR (виды, находящиеся под угрозой исчезновения) (HELCOM..., 2017).

На территории Российской Федерации (РФ) популяции хариуса бассейна верхней Волги и р. Урал занесены в федеральную Красную книгу (2001) как сокращающиеся в численности популяции широко распространенного вида (статус 2). На региональном уровне европейский хариус включен в Красные книги и списки 16 субъектов РФ, при этом статус вида варьирует значительно: от 1 до 4. Так, к категории редкости 1 (вид находится под угрозой исчезновения) относятся популяции на территории Ивановской области и Пермского края. При этом в последнем регионе занесены в Красную книгу только ультракороткоцикловые популяции рек в окрестностях краевого центра.

Хариус в Кировской, Костромской, Новгородской, Челябинской, Ярославской областях, республиках Татарстан и Марий Эл имеет статус редкости 2 (сокращающийся в численности вид). Отмечается, что запасы вида в данных регионах небольшие, и наблюдается тенденция к дальнейшему их сокращению, уменьшению размеров рыб и доли взрослых особей в популяции. На территории Вологодской, Оренбургской, Псковской областей и Республике Удмуртия хариус отнесен к категории 3 (редкий, уязвимый вид). Численность хариуса в этих регионах незначительна, но местами он обычен. Отсутствуют достаточные сведения о состоянии вида в природе (категория редкости 4) на территории Нижегородской области и Республики Башкортостан.

Несмотря на общую тенденцию к сокращению вида в южных частях ареала в некоторых

регионах все же отмечается положительная динамика. Так, согласно приказу Министерства природных ресурсов и экологии Тверской области от 23 октября 2015 г. № 7-нп, европейский хариус исключен из Перечня объектов животного мира, занесенных в областную Красную книгу, в связи с тем, что во второй половине XX в. уменьшения численности вида в данном регионе не наблюдалось.

Наше внимание было сосредоточено на изучении распространения хариуса в Вологодской области. Это связано с тем, что в той же вологодской Красной книге хариус был указан лишь для семи рек бассейна верхней Волги, в то время как информация для остальной территории в структурированном виде отсутствует.

Для выявления спектра водных объектов, где обитает хариус проанализированы имеющиеся опубликованные данные, фондовые материалы, сведения профильных организаций (Вологодский отдел Северо-Западного филиала ФГБУ «Главрыбвод»), проведены опросы рыбаков-любителей, а также привлечена информация Интернет-форумов рыбаков и собственные наблюдения автора (2010–2017 гг.). Натурные исследования о распространении хариуса получены в ходе экспедиций Вологодского отделения ГосНИОРХ. Лов рыбы проводился с использованием ставных сетей, малькового невода и электролова. Все сведения о распространении вида в регионе занесены в ГИС «Хариус европейский в Вологодской области», поддерживаемую автором в актуальном состоянии.

В целом, за период с 1855 по 2017 г. установлено обитание вида в 104 реках и семи озерах Вологодской области, которые относятся к бассейнам Балтийского, Белого и Каспийского морей. Распределение по региональным бассейнам стока достаточно неравномерное. Так, около 20% приходится на бассейн р. Сухона, 14 и 13% – на бассейн рек Унжи и Юг, 11 и 10% – на р. Вага и оз. Онежское. Кроме того, хариус встречается в бассейнах озер Кубенского, Белого и Воже, а также в бассейнах рек Суда, Малая Северная Двина, Молога. Большая часть рек, в которых встречен хариус (80%), имеет длину до 100 км. Современными исследованиями не подтверждено обитание указанного вида

в озерах (за исключением оз. Онежское) и водохранилищах области. Анализ распространения хариуса на основе административного устройства показал, что вид зафиксирован на территории 21 (из 26) муниципального района. При этом наибольшее количество рек, где он был отмечен, характерно для Никольского, Вытегорского, Вожегодского и Верховажского районов, находящихся в условиях моренно-увалистых, моренно-холмистых и моренно-равнинных ландшафтов. Ландшафтными особенностями данных территорий являются высокая густота речной сети и значительные перепады высот, что создает наиболее благоприятные условия для хариуса, учитывая его реофильный образ жизни.

Несмотря на широкое распространение хариуса по территории Вологодской области численность его молоди в водотоках, по нашим данным, незначительная. К сожалению, оценить тенденцию в изменении численности пока не представляется возможным ввиду отсутствия наблюдений за предыдущие годы. Исходя из анализа литературных данных, на протяжении последних десятилетий численность хариуса (особенно в южных районах ареала вида) сокращается, что является одним из оснований необходимости его охраны и на территории Вологодской области. Для региона можно выделить несколько основных лимитирующих факторов (расположены в порядке уменьшения их значимости). Во-первых, отсутствие достаточного количества нерестилищ и доступа к ним. Небольшие реки и ручьи, часто становятся не доступными для нереста и нагула молоди хариуса. Основная причина – строительство мостовых переходов с водопропускными трубами при пересечении водотоков с автодорогами и образование значительных перепадов. Кроме того, деятельность бобров и естественные завалы деревьев являются непреодолимым препятствием, поднимающегося на нерест хариуса. Во-вторых, увеличение доступности рек, где обитает хариус для рыболовов-любителей и браконьеров. В-третьих, изменение водосборных поверхностей (вследствие сведения лесов в пределах водоохранных зон) приводит к изменению гидрологического режима водотоков и увеличению твердого стока, что снижает количество и качество нерестовых площадей. В-четвертых, загрязнение водотоков промышленными и сельскохозяйственными стоками – одна из наиболее распространенных предпосылок, характерных для многих регионов РФ.

В связи с тем, что указанные факторы в ближайшем будущем будут продолжать оказывать влияние на численность и распространение хариуса, необходима разработка рекомендаций по поддержанию его численности в водотоках региона. Первоочередные мероприя-

тия следует направить на проведение инвентаризации и оценку современного состояния сохранившихся популяций европейского хариуса. Необходимо разработать программу мониторинга и сохранения редких видов рыб в рамках ведения региональной Красной книги. В настоящее время мы рекомендуем изменить статус редкости хариуса в Вологодской области с 3/VU (редкий, уязвимый) на 3/NT (редкий, потенциально уязвимый), применив данную меру не только к «популяции бассейна Мологи», но и ко всей территории региона.

Далее необходима организация охраны нерестовых участков рек, а именно контроль численности бобров и проведение комплекса работ по очистке водотоков от поваленных деревьев. Природоохранным органам следует усилить контроль за возрастающим числом рыбаков-любителей и случаями браконьерства. Организация мероприятий по борьбе с загрязнением водотоков, а также сохранению биотопов в пределах водоохранных зон позволит приостановить дальнейшее нарушение нерестовых и нагульных биотопов уязвимых рек. Одной из эффективных мер по сохранению редких видов рыб является создание сети ООПТ. В нее следует включить реки или участки рек, где нерестится хариус, с полным запретом любительского рыболовства. На водотоках, в которых численность хариуса уже не может восстановиться естественным путем, возможно проведение мероприятий по искусственному зарыблению молодь хариуса. Данный вид является одним из рекомендуемых по вселению при проведении компенсационных мероприятий по возмещению вреда, причиненного водным биологическим ресурсам и среде их обитания, наносимого тем или иным видом деятельности. Кроме того, необходимо привлечение внимания общественности к проблемам сохранения редких видов рыб.

Предлагаемые мероприятия по сохранению хариуса будут иметь положительный результат только при осуществлении их в комплексе. Кроме того, данные мероприятия применимы к охране и других редких видов рыб в водоемах Вологодской области.

ЛИТЕРАТУРА

Красная книга Российской Федерации (животные) / Под ред. В.П. Дедкова, Г.В. Гришанова. М.: АСТ Астрель, 2001. 862 с.

Freyhof J. *Thymallus thymallus* // The IUCN Red List of Threatened Species 2013: e.T21875A9333742. doi: 10.2305/IUCN.UK.2008.RLTS.T21875A9333742.en

HELCOM Red List: *Thymallus thymallus* / HELCOM Red List Fish and Lamprey Species expert group // HELCOM Red list of fish and lamprey species. 2013. URL: <http://www.helcom.fi/Red%20List%20Species%20Information%20Sheet/HELCOM%20Red%20List%20Thymallus%20thymallus.pdf>.

РАСПРОСТРАНЕНИЕ СИБИРСКОГО ШЕЛКОПРЯДА (*DENDROLIMUS SIBIRICUS* TSCETV.) НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ КОМИ

А.В. Лукин

Всероссийский центр карантина растений, Коми филиал, г. Сыктывкар
E-mail: Lukin-6114@yandex.ru

Сибирский шелкопряд (*Dendrolimus sibiricus* Tshetverikov, 1908) является опасным вредителем хвойных лесонасаждений, который включен в Перечень карантинных объектов Российской Федерации (РФ) (Приказ Минсельхоза..., 2014). Длительное время не существовало четкой информации о названии бабочки из-за сложности идентификации данного вида. Впервые шелкопряд описан С.С. Четвериковым в 1903 г. как *D. laricis*, и впоследствии в 1908 г. этому виду было дано новое название *D. sibiricus* (Tschetw.). Помимо этого существовали разногласия о таксономическом положении сибирского шелкопряда. Его рассматривали как подвид большого хвойного шелкопряда *Dendrolimus superans* (Bult.). В настоящее время в Европейской и Средиземноморской организации по карантину и защите растений (ЕОКЗР) принято считать, что *Dendrolimus superans albolineatus* соответствует *D. superans*, а *Dendrolimus superans sibiricus* – *D. sibiricus*. Это подтверждается работами финских ученых (Mikkola, Stahl, 2008); после изучения материала по роду *Denrolimus* с территории России морфологическими и молекулярно-генетическими методами, *D. sibiricus* был выделен в качестве самостоятельного вида наряду с *D. superans*, однако вопрос о таксономическом положении по-прежнему остается открытым и требует дальнейших исследований.

Сибирский шелкопряд широко распространен в странах Азии (Корея, Китай, Монголия, Казахстан), откуда он мигрировал в Восточную Сибирь. Со временем наблюдалось его распространение на запад России (республики Татарстан, Марий Эл, Мордовия; Иркутская, Томская, Кировская области и др.), где он наносил вред деревьям хвойных пород из родов лиственница (*Larix*), пихта (*Abies*), кедр (*Cedrus*), сосна (*Pinus*), ель (*Picea*) и тсуга (*Tsuga*), иногда давая вспышки численности, нанося огромный ущерб экономике регионов.

В целях выявления шелкопряда в Республике Коми сотрудники Управления Россельхознадзора по Республике Коми и ФГБУ «ВНИИКР» ежегодно проводят мероприятия, одним из которых является фитомониторинг с применением феромонных ловушек. Использовалась ловушка по типу «Дельта», внутри располагался вкладыш с диспенсером с нанесенной смесью синтетических феромонов самки шелкопряда. Ловушки вывешивались в лесных массивах в начале июня и работали до середины августа. Они размещались на высоте 1.5–2.0 м от поверхности земли в кронах хвойных расте-

ний. По завершении лета самцов шелкопряда (15–17 августа) производилось извлечение отловленных имаго из ловушек.

Для идентификации отобранных бабочек применялся анатомо-морфологический метод. Неповрежденные экземпляры до рода *Dendrolimus* можно было определить по жилкованию крыльев. Для этого бабочки вырезались из ловушек с участком клеевого вкладыша и помещались в раствор ксилола, благодаря чему клей растворялся, а чешуйки на крыльях становились прозрачными. Идентификация до вида осуществлялась по строению гениталий (см. рисунок). Для этого скальпелем отсекались три-четыре сегмента брюшка, помещались в пробирку с 10%-ным раствором КОН и кипятились над пламенем спиртовки 4–6 мин. Далее под бинокулярным микроскопом проводилась очистка склеротизированных частей от хитинового покрова, мышц и соединительной ткани, их промывка водой и идентификация гениталий. По окончании исследования гениталии помещались в глицерин для хранения, снабжались этикеткой с указанием даты и места сбора и названием вида.

Для идентификации использовались методические рекомендации «МР ВНИИКР № 27-2014 Методические рекомендации по выявлению и идентификации сибирского шелкопряда *Dendrolimus sibiricus* Tschetw.» (по Рожкову, 1963 с изменениями) (МР ВНИИКР № 27-2014..., 2014).

Обследования проводились в пяти лесничествах и были приурочены к местам лесозаготовок хвойных пород деревьев (см. таблицу), а также близости к регионам, где был зафиксирован шелкопряд. Ежегодно суммарная обследованная площадь составляла более 13 тыс. га. Уловистость ловушек для сибирского шелко-



Микропрепарат гениталий самца *Dendrolimus sibiricus* Tschetw: верхняя ветвь вальвы (1), нижняя ветвь вальвы (2), дистальный отросток винкуллюма (3).

Количество отловленных бабочек рода *Dendrolimus* в 2016–2017 гг. по участковым лесничествам

Название лесничества	Название участкового лесничества	Количество за 2016 г.		Количество за 2017 г.		
		Осмотренных ловушек	Экземпляров <i>D. sibiricus</i> Tschetw.	Осмотренных ловушек	Экземпляров <i>D. sibiricus</i> Tschetw.	Экземпляров <i>D. pini</i> L.
Койгородское	Койгородское	101	15	121	65	2
	Кобринское	16	3	26	26	–
Кажимское	Кажимское	4	1	31	13	1
	Турунинское	30	–	52	10	3
	Комское	35	5	47	24	–
Прилузское	Ношуйское	54	10	9	12	–
	Спаспурбское	5	–	25	18	–
	Объячевское	10	–	5	6	–
Сысольское	Куратовское	13	–	32	28	–
	Визингское	23	–	38	21	–
Троицко-Печорское	Троицко-Печорское	70	6	70	24	13
	Белоборское	30	8	30	11	1
Итого		391	48	486	258	20

Примечание: прочерк обозначает отсутствие обнаружения вида в данном участковом лесничестве.

пряда в 2016 г. составила 0.18 ловушко/суток, в 2017 г. – 0.76, при этом был выявлен близкий вид – сосновый шелкопряд (*Dendrolimus pini* L.).

Анализ сборов из ловушек в 2017 г. показал значительный прирост пойманных особей по сравнению с 2016 г., однако на данном этапе нельзя говорить о вспышке численности. Следует также отметить, что по итогам фитомониторинга предыдущих годов вид *D. sibiricus* не был выявлен в лесах Республики Коми. Известно, что имаго сибирского шелкопряда во время миграции способно преодолевать до 10–12 км (ОЕПР/ЕППО..., 2005), что составляет гораздо меньшее расстояние от границы республики и точек, в которых были отловлены бабочки. На основании вышесказанного можно сделать вывод, что *D. sibiricus* проник в Республику Коми недавно, однако сумел закрепиться в ее лесах.

В 2018 г. планируется продолжить отлов имаго, используя феромонные ловушки, на-

чать обследование верхних слоев почвы вокруг хвойных деревьев, подвергнувшихся дефолиации, использовать метод околата, чтобы выявить все стадии развития этого опасного вредителя и разработать стратегию по защите лесонасаждений.

ЛИТЕРАТУРА

Методические рекомендации «МР ВНИИКР № 27-2014 Методические рекомендации по выявлению и идентификации сибирского шелкопряда *Dendrolimus sibiricus* Tschetw.». М., 2014. 57 с.

Приказ Минсельхоза России от 15.12.2014 № 501 «Об утверждении Перечня карантинных объектов». 2014. С. 6.

Mikkola K., Stahls G. Morphological and molecular taxonomy of *Dendrolimus sibiricus* Chetverikov stat. rev. and allied lappet moths (*Lepidoptera*, *Lasiocampidae*), with description of a new species // *Entomologica Fennica*. 2008. Vol. 19. №. 2. P. 65–85.

ОЕПР/ЕППО (2005) *Dendrolimus sibiricus* and *Dendrolimus superans*, Bulletin ОЕПР/ЕППО Bulletin 35. P. 390–395.

СТРУКТУРА НАСЕЛЕНИЯ БУЛАВОУСЫХ ЧЕШУЕКРЫЛЫХ (LEPIDOPTERA, RHOPALOCERA) КУМЕНСКОГО РАЙОНА КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

А.В. Мазеева¹, О.И. Кулакова²

¹ Вятский государственный университет, г. Киров

² Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар

E-mail: mazeevaal@yandex.ru, iduna@rambler.ru

Булавоусые, или дневные чешуекрылые являются важным и ярким компонентом большинства наземных биогеоценозов. Эти насекомые считаются одними из основных опылителей цветковых растений, играют значительную роль в питании животных-энтомофагов. Быстрая реакция чешуекрылых на изменение условий окружающей среды изменением численности видовых популяций и структуры населения в природных сообществах определяет их высокие биоиндикационные свойства и возможность использования в экологическом мониторинге и комплексной оценке биоразнообразия.

Исследования видового состава проводились с 2014 по 2017 г. в Куменском районе в различных биотопах. Зарегистрировано 54 вида из 33 родов, шести семейств, в том числе 23 вида новых для данного района. По совокупности наших и литературных данных для Куменского района отмечены 76 видов из 42 родов шести семейств и 133 вида из 59 родов и шести семейств, отмеченных по всей Кировской области (Чарушина, 1974; Решетников, 2001, 2014).

Население изучалось в полевой сезон 2017 г. на трех линейных площадках (участках), заложенных в наиболее типичных для данной мест-

ности фитоценозах в окрестностях пгт. Кумены. Из-за климатических условий сборы начинали во второй декаде июля и продолжали еженедельно до третьей декады августа включительно. Сборы проводились на трех участках-трансектах методом последовательного безвыборочного вылова видов на истощение популяции с помощью энтомологического сачка (Yamamoto, 1975; Pollard, 1977). Камеральная обработка материала включала определение относительного обилия видов по логарифмической шкале (Песенко, 1982), согласно которой массово летающие виды имеют балл 5, многочисленные – 4, обычные – 3, малочисленные и единичные – 2 и 1 соответственно, и уровня видового разнообразия булавоусых чешуекрылых в изученных сообществах. Инвентаризационное разнообразие (альфа-разнообразие) оценивалось путем определения количества видов в сообществе (S) и расчета индексов Шэннона-Уивера (H') и Бергера-Паркера (d), (Татаринов, Долгин, 2010). Проективное покрытие растений рассчитывалось по стандартным геоботаническим методам.

Участок № 1 «Злаковый луг» находится на западной окраине пгт. Кумены и расположен на правом, коренном берегу р. Кумены. В данном сообществе было зарегистрировано 18 видов из 14 родов пяти семейств булавоусых чешуекрылых (см. таблицу). Преобладали с баллом обилия 4 *Hyponephele lycaon* Rott. и виды группы *Plebejus idas* L. Также довольно многочисленными были (3 балла обилия) *Polyommatus semiargus* Rott. и *Pieris napi* L. Менее многочисленен (2 балла) – *Plebejus argus* L. Остальные виды встречались единично.

Участок № 2 расположен на левом берегу р. Кумены, примерно в 1 км от участка № 1, чуть в стороне от дороги. Он представляет собой «Разнотравный луг», в травянистом покрове преобладает манжетка, покрытие которой составляло 39%. В данном местообитании отмечено 19 видов булавоусых чешуекрылых из 19 родов пяти семейств (см. таблицу). Наиболее многочисленными (балл обилия – 4) были *Hyponephele lycaon* Rott., *Thymelicus lineola* O., *Polyommatus semiargus* Rott., *Aphantopus hyperantus* L. Уступает им (балл обилия – 3) *Coenonympha glycerion* L.

Третий участок относительно удален от первых двух и находится на заброшенной дороге длиной порядка 500 м, идущей с северо-запада на юго-восток. Участок представляет собой «дорогу», зарастающую осоками, злаками и крапивой, в ельнике разнотравном. В данном биотопе было зарегистрировано 12 видов булавоусых чешуекрылых из 11 родов пяти семейств (см. таблицу). Лидировала по обилию (балл обилия – 4) *Pieris napi* L. Третий балл обилия имели *Argynnis paphia* L. и *Polyommatus semiargus* Rott.

Состав, баллы обилия и показатели видового разнообразия булавоусых чешуекрылых на учетных участках

Название вида	Участок		
	I	II	III
<i>Leptidea sinapis</i> L.	1	1	–
<i>Pieris napi</i> L.	3	2	4
<i>Gonopteryx rhamni</i> L.	1	1	2
<i>Lycaena phlaeas</i> L.	1	–	–
<i>Lycaena virgaureae</i> L.	–	1	–
<i>Lycaena hippothoe</i> L.	–	2	–
<i>Everes argiades</i> Pall.	1	1	–
<i>Plebejus idas</i> L.	4	–	–
<i>Plebejus argus</i> L.	2	–	–
<i>Aricia artaxerxes</i> Fabr.	1	–	–
<i>Aricia eumedon</i> Esp.	–	1	–
<i>Polyommatus semiargus</i> Rott.	3	4	3
<i>Polyommatus icarus</i> Rott.	1	–	–
<i>Polyommatus amandus</i> Schn.	1	–	–
<i>Argynnis paphia</i> L.	–	–	3
<i>Argynnis adippe</i> L.	–	–	1
<i>Clossiana selene</i> Schiff.	–	1	–
<i>Clossiana thore</i> Hb.	–	–	2
<i>Nymphalis antiopa</i> L.	–	–	1
<i>Nymphalis urticae</i> L.	–	2	–
<i>Araschnia levana</i> L.	–	–	2
<i>Vanessa cardui</i> L.	1	–	–
<i>Melitaea diamina</i> Lang.	–	1	–
<i>Melitaea athalia</i> Rott.	–	1	–
<i>Coenonympha glycerion</i> L.	1	3	–
<i>Maniola jurtina</i> L.	1	–	1
<i>Aphantopus hyperantus</i> L.	1	4	1
<i>Hyponephele lycaon</i> Rott.	4	4	–
<i>Erebia ligea</i> L.	–	–	2
<i>Pyrgus malvae</i> L.	–	1	–
<i>Ochlodes sylvanus</i> Esp.	–	1	1
<i>Thymelicus lineola</i> O.	2	4	–
<i>Thymelicus sylvestris</i> Poda.	1	1	–
Число видов (S)	18	19	12
Индекс Шэннона-Уивера (H')	2.269	2.288	1.858
Индекс Бергера-Паркера (d)	0.2535	0.2037	0.4375

Таким образом, всего на трех изученных участках отмечены 33 вида из 22 родов пяти семейств. По видовому разнообразию наиболее многочисленно оказалось семейство Голубянки (*Lycaenidae*) (11 видов из пяти родов). Численно преобладало семейство Бархатницы (*Satyridae*), представленное 75 особями пяти видов из пяти родов.

Графики рангового распределения видов булавоусых чешуекрылых на первом и втором участках близки к логнормальной модели распределения, в то время как в графике для третьего участка явно прослеживается тенденция к логарифмической модели (см. рисунок). Это характеризует первые два сообщества как достаточно зрелые, разнообразные и относительно ненарушенные, а третье – как нарушенное с преобладанием значения какого-то одного фактора, в данном случае, вероятно, сильной увлажненности (Татаринов, Долгин, 2010).

На всех трех участках преобладали виды с низкими баллами обилия, т.е. единичные и малочисленные (см. таблицу). Два вида на участ-

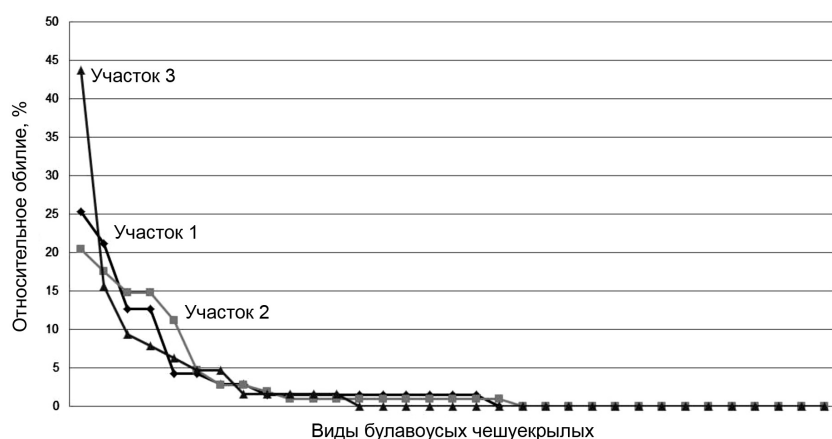


График рангового распределения видов на учетных участках.

ке № 1 (*Plebejus idas* и *Hyponerphele lycaon*), четыре вида на участке № 2 (*Hyponerphele lycaon*, *Thymelicus lineola*, *Polyommatus semiargus*, *Aphantopus hyperantus*) и один на третьем (*Pieris napi*) были многочисленны.

Расчет показателей видового разнообразия показал, что в каждом местообитании сформировалась своя топическая группировка дневных бабочек, со своими доминирующими видами (см. таблицу). Так, например, наиболее устойчив и богат видами участок № 2 (разнотравный луг), а самым высоким значением индекса до-

минирования (d) характеризуется участок № 3 за счет высокой численности *Pieris napi*, что говорит о близости антропогенно трансформированных участков.

ЛИТЕРАТУРА

Песенко Ю.А. Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях. М.: Наука, 1982. 287 с.

Решетников С.П. Отряд Lepidoptera – Чешуекрылые // Животный мир Кировской области. Дополнение. Киров: Изд-во ВГПУ, 2001. Т. 5. С. 183–186.

Решетников С.П. Отряд Чешуекрылые, или Бабочки (Lepidoptera) // Красная книга Кировской области. Изд. 2-е. Киров, 2014. С. 129–135.

Татаринов А.Г., Долгин М.М. Видовое разнообразие и методы его оценки. Сыктывкар, 2010. 44 с.

Чарушина А.Н., Шернин А.И. Отряд Lepidoptera – Чешуекрылые // Животный мир Кировской области. Киров, 1974. Т. 2. С. 351–477.

Yamamoto M. Notes on the methods of belt transect census of butterflies // J. Fac. Sci. Hokkaido Univ. 1975. Ser. VI. Zool. Vol. 20. № 1. P. 53–58.

Pollard E. A method assessing changes in the abundance of butterflies // Biol. Conserv. 1977. Vol. 12. № 2. P. 115–134.

Секция 3

СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ И АНТРОПОГЕННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ЭКОСИСТЕМ

ОЦЕНКА ДИНАМИКИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПЕРВИЧНОЙ ПРОДУКЦИИ НАСАЖДЕНИЙ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ (*PINUS SYLVESTRIS* L.) ПО МОДЕЛЬНЫМ ДЕРЕВЬЯМ

Р.А. Афанасьев, И.С. Сауткин, М.В. Карпов

Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань
E-mail: dofastsite@gmail.com

Развитие производственной деятельности и широкое использование транспортных средств в современных ландшафтах ведут к накоплению парникового газа диоксида углерода в атмосфере, вызывающего эффект изменения климата на планете в целом. Вместе с тем в цикле круговорота углерода важная роль принадлежит фотосинтезирующим растениям, накапливающим его органические соединения в продуцируемой биомассе. Способность природных комплексов депонировать углерод на продолжительное время в биомассе лесов, болот и в виде мертвого органического вещества в почвенном комплексе является объективным основанием для поиска оптимальных компенсирующих механизмов в решении проблемы глобального потепления. Исходя из этого, оценка продуктивности лесных экосистем – одна из наиболее важных современных задач экологии.

Традиционными исследованиями динамики состава и продуктивности растительного покрова лесов накоплен большой опыт оценки их состояния и разработаны направления регулирования лесных экосистем. Вместе с тем остаются вопросы описания механизмов распределения первичной продукции на уровне отдельного организма, популяции и сообщества в целом.

Основная цель данной работы – оценить распределение и динамику первичной продукции по фракциям модельных деревьев *Pinus sylvestris* L. Исследования проведены на территории 96 квартала Столбищенского лесничества, расположенного в Волго-Мешинском террасово-долинном районе Восточноевропейских сосново-широколиственных и сосновых, частично остепненных, травяных лесов в пригородной зоне г. Казани (Бакин и др., 2000).

На изучаемой территории отобраны три модельных дерева в возрасте 13–15 лет в культурах сосны обыкновенной. Деревья были разобраны по фракциям (ствол, кора, ветви, хвоя и шишки) и высушены при комнатной температуре. Определялись следующие параметры: ра-

диальный и линейный прирост ствола, количество побегов в мутовках, диаметр, длина, масса и охвоенность каждого побега модельных ветвей; длина и вес хвои, LA, SLA, содержание хлорофилла в хвое первого и второго годов по концентрации хлорофилла А и В в спиртовой вытяжке и коэффициенту SPAD.

Прирост древесины ствола определялся методом «расчехления» по годичным кольцам (Усольцев, Залесов, 2005). Из каждой мутовки ствола были взяты пробные выпилены (образцы) толщиной 1–1.5 см, очищенные от коры. Объем каждого образца рассчитывался по формуле объема цилиндра, для чего измерялись ширина годичных колец по четырем радиусам на измерительном комплексе LINTAB с точностью 0.01 мм и штангенциркулем с точностью 0.1 мм – высота. Далее каждый образец взвешивался на электронных весах AND EK-610i с точностью 0.01 г. Таким образом, общая плотность каждого образца определялась делением массы на объем, средний годичный прирост – по усредненному объему последних пяти годичных слоев, помноженных на плотность древесины и соответствующую линейную длину годового прироста ствола (Уткин, 1975). Для определения фитомассы древесины масса каждого выпилен умножалась на соответствующую линейную длину годового прироста ствола.

Кора стволовой древесины рассчитывалась по массе коры, снятой с каждого выпилен. Полученная масса умножалась на соответствующую линейную длину годового прироста ствола (Усольцев, Залесов, 2005). Годичный прирост коры рассчитывался пропорционально приросту массы стволовой древесины (Уткин, 1975).

При оценке массы ветвей рассчитывалось общее количество ветвей в мутовке ствола. Из каждой мутовки брались по три модельные ветви, каждая из которых разделялась по годам и порядкам ветвления побегов. Всего отобрано 36 ветвей. Каждому побегу присваивался индивидуальный номер и оценивались следующие показатели: диаметр, длина и вес. Для определе-

Таблица 1

Фитомасса модельного дерева, распределенная по фракциям

Единица измерения	Ствол	Кора	Ветви	Хвоя	Общая масса
кг	6.69	1.06	8.90	1.45	18.11
%	36.96	5.86	49.15	8.03	100.00

Таблица 2

Годичный прирост продукции модельного дерева, распределенный по фракциям

Единица измерения	Ствол	Кора	Ветви	Хвоя	Общий прирост
кг/год	0.71	0.18	0.31	0.38	1.58
%	45.17	11.29	19.64	23.90	100.00

ния массы ветвей всего дерева полученные показатели усреднялись, затем умножались на общее количество ветвей. Годичный прирост ветвей определялся как сумма массы побегов текущего года и массы побегов остальных годов (которые делились на возраст соответствующего побега).

При определении массы хвои учитывалась охвоенность всех побегов каждой модельной ветви, при этом отбирались выборки хвои с 10-сантиметрового побега. Из каждой выборки отбиралось 30 хвоинок для расчета средней длины и массы хвои. По общему количеству ветвей была рассчитана масса всей хвои дерева. При расчете годичного прироста хвои учитывалась масса хвои текущего года (Усольцев, Залесов, 2005).

Анализ данных позволил определить распределение фитомассы по фракциям (табл. 1) и годичный прирост продукции (табл. 2).

Коэффициент аккумуляции, рассчитанный как частное от деления запаса биомассы на чистую первичную продукцию, составляет 11.5. Удельная продукция **SNPP (specific net primary productivity)**, определяемая как отношение годичного прироста продукции к наличной биомассе, или скорость обновления биомассы (Gar-

nier et al., 2016), составляет 0.09. Полученные данные по использованным показателям совпадают со сходными исследованиями других авторов (Helmisaari et al., 2002) и могут быть полезны в оценке депонирования углерода и продуктивности лесных экосистем.

ЛИТЕРАТУРА

Бакин О.В., Рогова Т.В., Ситников А.П. Сосудистые растения Татарстана. Казань: Изд-во Казан. ун-та, 2000. 496 с.

Усольцев В.А., Залесов С.В. Методы определения биологической продуктивности насаждений. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2005. 147 с.

Уткин А.И. Биологическая продуктивность лесов (методы изучения и результаты) // Лесоведение и лесоводство. Т. 1. Итоги науки и техники. М.: ВИНТИ АН СССР, 1975. С. 9–189.

Garnier E., Navas M.-L., Grigulis K. Plant Functional Diversity – Organism traits, community structure, and ecosystem properties. Oxford University Press, Oxford, 2016. 256 p.

Helmisaari H.-S., Makkonen K., Kellomäki S. et al. Below- and aboveground biomass, production and nitrogen use in Scots pine stands in eastern Finland // Forest Ecology Management. 2002. Vol. 165. P. 317–326.

ИЗМЕНЕНИЯ ПОЧВ ЕЛЬНИКОВ ЗЕЛЕНОМОШНЫХ ПРИ СОРТИМЕНТНОЙ ЗАГОТОВКЕ ДРЕВЕСИНЫ (СРЕДНЯЯ ТАЙГА, РЕСПУБЛИКА КОМИ)

И.А. Боков¹, В.В. Старцев², А.А. Дымов²

¹Сыктывкарский государственный университет им. Питирима Сорокина, г. Сыктывкар

²Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар

E-mail: ivan-bokov1997@yandex.ru

Тажные леса являются основным типом биомы европейского севера России. Лесозаготовительные мероприятия – один из главных антропогенных факторов, изменяющих лесные почвы. Значительные площади лесопокрытой территории Республики Коми (РК) затронуты различными способами рубок. Лесопользование традиционно подразумевает заготовку древесины, которая преимущественно осуществляется в форме выборочных или сплошных рубок. В настоящее время происходит изменение технологий ведения лесозаготовительных работ. Значительное число предприятий замещает традиционную хлыстовую технологию заготовки древесины на использование колесной агрегатной техники (скандинавская технология). Однако последствия проведения рубок с применением данной технологии на почве остаются не оцененными. Исследования на территории РК и

в других регионах Севера России показали, что рубки леса оказывают существенное экологическое влияние на все компоненты таежных экосистем (Дымов, 2017, 2018).

Цель данной работы – выявление особенностей изменений почв ельников зеленомошных при заготовке древесины средней тайги Республики Коми.

Объекты изучения располагались в Усть-Куломском районе РК в подзоне средней тайги. В качестве объектов были подобраны участки одно-, четырех-, 11-летних вырубок в ельниках зеленомошных. Выбор участков осуществляли по лесотаксационным картам. На каждой лесосеке исследования проводили на трех участках: пасеке, которая не подвергалась механическому воздействию тяжелой агрегатной техники, пасечном и магистральном волоках. Для каждого отдельного участка был заложен опорный

разрез с двумя прикопками для статистически значимой выборки. Диагностику генетических горизонтов и почв осуществляли согласно «Полевому определителю почв России» (2008), кислотность и содержание обменных форм катионов по (Теория и практика..., 2006). Определение плотности сложения почв производили в трехкратной повторности на каждом технологическом элементе лесосек.

На пасечных участках формируются подзолисто-глееватые почвы. Они не подвергаются механическим повреждениям от тяжелой колесной техники, но в минеральных горизонтах профилей проявляются признаки оглеения из-за увеличения подпитки почвенно-грунтовыми водами. Подстилка почв пасек представлена растительными остатками, не утратившими своего анатомического строения. Ниже формируется хорошо диагностируемый подзолистый горизонт, затем типичные для данного типа почв субэлювиальный и текстурный горизонты.

Почвы пасечных и магистральных волоков представлены различными подтипами турбоземов. Для почв волоков характерны изменения под воздействием тяжелой агрегатной техники. В верхних минеральных горизонтах почв пасечных волоков встречаются порубочные остатки, ветки, хвоя деревьев. Происходит перемешивание органогенной и минеральной частей почвенного профиля. Максимальные изменения отмечаются для почв магистральных волоков, которые в большей степени подвержены механическому воздействию. Профиль почв на магистральных волоках носит нарушенный характер. Подстилка и минеральные горизонты перемешаны, наблюдаются включения порубочных остатков до глубины 50 см, встречаются погребенные органогенные горизонты, происходит переуплотнение нижних минеральных горизонтов, что характерно для почв вырубок всех исследуемых возрастов.

В почвах вырубок наиболее кислой является подстилка пасечного участка, которая не нарушена тяжелой агрегатной техникой. Верхние минеральные горизонты турбированных почв менее кислые. Близкие закономерности выяв-

лены и по содержанию обменных форм оснований. Основное количество обменных форм кальция и магния сосредоточено в органогенных горизонтах почв пасечных участков, которые не были подвержены механическому изменению и характеризуются сохранившейся подстилкой. Но при этом большое количество обменных форм кальция и магния сосредоточено в почвах однолетних вырубок. В исследованных почвах существует тенденция увеличения плотности в верхних минеральных горизонтах, что наблюдается на однолетних вырубках. Для почв четырехлетних вырубок сохраняется тенденция к увеличению плотности сложения, но на некоторых участках показатели сглаживаются. По истечении 11 лет после проведения рубки тенденция переуплотнения сохраняется, особенно на магистральных волоках.

Таким образом, проведенная работа показала, что верхние минеральные горизонты почв пасечных и магистральных волоков существенно нарушены. Изменения в морфологическом строении сохраняются как минимум в течение первого десятилетия. На рассматриваемых участках формируются турбоземы. Верхние минеральные горизонты почв волоков менее кислые, чем на пасечных участках. Выявлено, что верхние горизонты пасечных и магистральных волоков характеризуются переуплотнением, сохраняющимся в некоторых случаях в течение первых десятилетий.

ЛИТЕРАТУРА

- Дымов А.А. Почвы механически нарушенных участков лесосек средней тайги Республики Коми // Лесоведение. 2018. № 2. С. 130–142.
- Дымов А.А. Влияние сплошных рубок в борельных лесах России на почвы (обзор литературы) // Почвоведение. 2017. № 7. С. 787–798.
- Изменение почв и почвенного покрова еловых лесов после сплошнолесосечных рубок / Е.М. Лаптева, Г.М. Втюрин, К.С. Бобкова, Д.А. Каверин, А.А. Дымов, Г.А. Симонов // Сибирский лесной журнал. 2015. № 5. С. 64–76.
- Полевой определитель почв России. М., 2008. 182 с.
- Теория и практика химического анализа почв / Под ред. Л.А. Воробьевой. М., 2006. 400 с.

ДИНАМИКА ВОДОРАСТВОРИМЫХ НИЗКОМОЛЕКУЛЯРНЫХ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ В ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВАХ ХРОНОЛОГИЧЕСКОГО РЯДА ВЫРУБОК

Н.Н. Бондаренко, Е.М. Лаптева, В.В. Пунегов, Е.В. Кызьюрова, Е.В. Шамрикова
Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар
E-mail: bondnikropolnik@mail.ru

Почвенное органическое вещество (ПОВ) – сложное многокомпонентное образование, важную роль в структуре которого играют водорастворимые органические соединения (ВОС). Их качественный и количественный состав определяется особенностями трансформации растительного опада, спецификой жизнедеятельности почвенного зоомикробного комплекса, со-

ставом корневых выделений растений. Промышленные рубки лесов оказывают существенное влияние на изменение физико-химических свойств среднетаежных подзолистых почв (Лаптева и др., 2015), подвижность почвенного органического вещества (Дымов, Милановский, 2014; Лаптева, Бондаренко, 2015).

Цель данной работы – выявить закономерности изменения содержания и состава ВОС в подзолистых текстурно-дифференцированных почвах в процессе естественного лесовосстановления после сплошнолесосечных рубок еловых лесов.

Исследования проводили на территории Республики Коми в подзоне средней тайги (Усть-Куломский р-н). Объектами послужили почвы коренного ельника черничного (ПП-1) и разновозрастных производных березняков, сформировавшихся после рубок главного пользования, проведенных в зимний период 2001/2002 (ПП-2) и 1969/1970 гг. (ПП-3). Подробное описание ключевых участков и их почвенно-растительного покрова дано в работах (Дымов и др., 2012; Дымов, Милановский, 2014; Лаптева и др., 2015). Образцы почв отбирали в 2007 и 2013 гг. в 8–10-кратной повторяемости в почвах хронологического ряда вырубок, состав ВОС анализировали в наиболее обогащенных органическим веществом горизонтах лесных подстилок. Общее содержание углерода в образцах определяли в соответствии с аттестованной методикой газохроматографическим методом (ФР.1.31.2016.23502) в ЦКП «Хроматография» Института биологии Коми НЦ УрО РАН. Содержание и состав ВОС исследовали в соответствии с методиками, подробное описание которых приведено в работах (Шамрикова, 2013; Шамрикова и др., 2015).

Как показали ранее проведенные эксперименты, на первых этапах восстановления растительного покрова на вырубках среднетаежных еловых лесов наблюдается усиление поверхностного гидроморфизма подзолистых почв, возрастает мощность органогенного горизонта за счет активизации роста политриховых мхов в напочвенном покрове, снижается скорость разложения растительного опада за счет подавления функционирования почвенной микробиоты. На более поздних стадиях, в процессе восстановления древостоя, происходит восстановление гидрологического режима почв, существенно меняются качественные и количественные харак-

теристики растительного опада (Дымов и др., 2013), что способствует снижению кислотности органогенных горизонтов.

Проведенные нами исследования, выполненные в разные по погодным условиям годы, показали следующее. Органогенные и минеральные горизонты рассмотренных почв достаточно близки друг к другу по содержанию общего органического углерода (рис. 1). В подгоризонтах лесных подстилок, по данным 2007 г., величина $C_{\text{общ.}}$ варьирует от 33 до 46.8%, в минеральных подзолистых – от 0.79 до 1.32%. Близкие значения были получены и в 2013 г., соответственно 29.7–47.6 и 0.6–2.3%.

Более четко различия по годам наблюдений проявились при анализе содержания углерода ВОС. Как видно из рис. 2, в 2013 г., характеризующемся «аномально жарким» летним периодом и недобором осадков в течение вегетационного периода, общее содержание ВОС в органогенных горизонтах несколько выше, по сравнению с данными образцов, отобранных в 2007 г. В среднем содержание углерода ВОС в торфяно-подстилочных горизонтах подзолистых почв составило в 2007 г. 5.3–7.7 г·кг⁻¹ с минимальным содержанием в почве коренного леса и тенденцией его возрастания в почвах на участках вырубок. В 2013 г. среднее содержание углерода ВОС в почвах всех рассмотренных участков было выше в 1.1–1.5 раза с максимумом в почве участка ПП-3, где после рубки сформировалось средневозрастное хвойно-лиственное насаждение.

В составе компонентов ВОС в совокупности было идентифицировано 13 низкомолекулярных органических кислот (НМОК), 11 углеводов и пять спиртов. Их суммарное содержание в разные годы отбора существенно отличается в рассматриваемых почвах (рис. 3). Более высокое содержание идентифицированных ВОС отмечено в 2007 г. несмотря на то, что в этом году общее содержание углерода ВОС было ниже (рис. 2). В 2013 г. общее содержание спиртов, углеводов и НМОК в почвах хронологического ряда вырубок было в 1.4–5.7 раза меньше. Следует отметить, что наиболее значимой разница в межгодовой динамике по содержанию этих компонентов ВОС была в почве коренного елового леса (ПП-1) и молодого лиственного сообщества (ПП-2). На участке ПП-3 эти различия менее выражены (рис. 3).

Особенностью всех рассмотренных почв является преобладание в составе идентифицированных ВОС углеводов. На их долю в зависимости от участка и года отбора приходится 52.2–73.8% от общего содер-

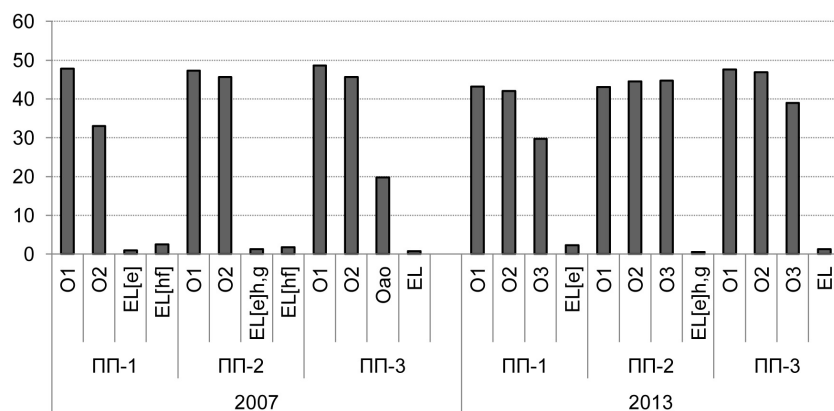


Рис. 1. Массовая доля углерода общего (%) в верхних горизонтах почв коренного елового леса (ПП-1) и лиственно-хвойных насаждений, сформировавшихся на вырубках 2001/2002 гг. (ПП-2) и 1969/1970 гг. (ПП-3).

жания спиртов, углеводов и НМОК. При этом в холодный и избыточно влажный 2007 г. доля углеводов была выше (56.0–59.6%) в органогенных горизонтах почв разновозрастных лиственно-хвойных сообществ, сформировавшихся на вырубках (участки ПП-2 и ПП-3), а в более жаркий, с дефицитом влаги 2013 г. – в почвах коренного леса (ПП-1) и участка ПП-2 (68.6–73.8%).

В зависимости от года отбора существенно изменяется доля индивидуальных компонентов в составе идентифицированных спиртов, углеводов и НМОК. В частности, в составе спиртов в 2007 г. в почвах всех исследованных участков отсутствовал инозитол, а в 2013 г. он устойчиво идентифицировался в водных вытяжках из почвенных образцов всех участков. В составе углеводов в 2007 г. основную роль играла глюкоза. На ее долю в почвах всех участков приходилось 60–72% от суммы всех углеводов. В 2013 г. доля глюкозы была ниже (37–53%) за счет возрастания в составе углеводов таких компонентов, как галактопираноза, D-рибоза и D-фруктоза. В составе низкомолекулярных водорастворимых органических кислот на первое место в 2007 г. выходили алифатические замещенные карбоновые кислоты, в 2013 г. их значение было резко снижено. Такие различия в содержании водорастворимых компонентов ПОВ и их состава могут быть связаны как со спецификой миграции ВОС вниз по профилю почв и возможным выносом их из горизонтов лесной подстилки в условиях избытка влаги, так и с особенностями жизнедеятельности почвенных микроорганизмов, для которых эти соединения являются источниками энергии.

Таким образом, в результате проведенных нами исследований установлено, что содержание и состав водорастворимых органических соединений в подзолистых почвах являются динамическими показателями, величины которых определяются как погодными условиями года, так и конкретными экологическими условиями, в которых формируются почвы антропогенно нарушенных таежных экосистем. Выявлены наиболее динамичные индивидуальные соединения в структуре ВОС, содержание которых, по всей видимости, наиболее четко отражает изменение экологического состояния почв. Ими являются в группе углеводов галактопираноза, D-рибоза и D-фруктоза, в группе спиртов – ино-

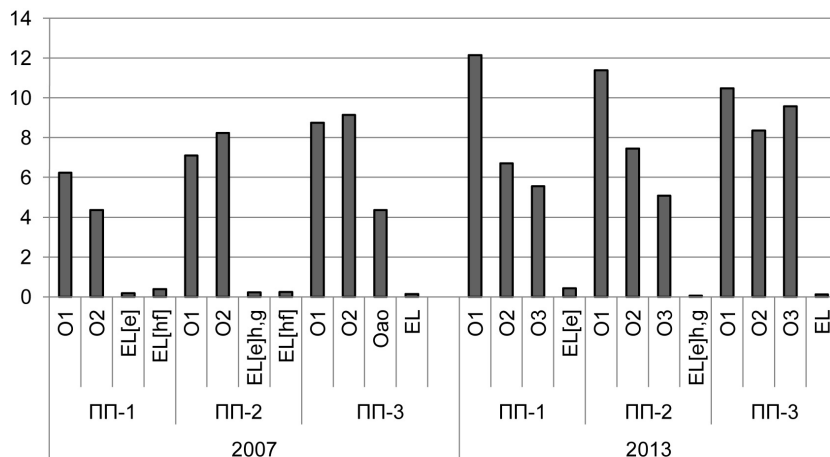


Рис. 2. Массовая доля водорастворимого углерода (г·кг⁻¹) в верхних горизонтах почв коренного елового леса (ПП-1) и лиственно-хвойных насаждений, сформировавшихся на вырубках 2001/2002 гг. (ПП-2) и 1969/1970 гг. (ПП-3).

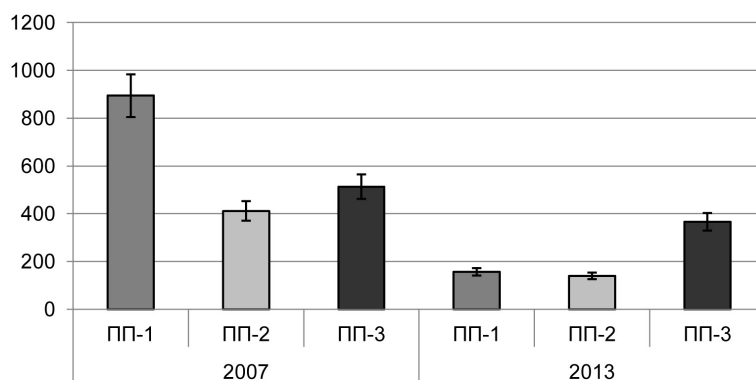


Рис. 3. Содержание в разные годы отбора идентифицированных органических соединений (мг·кг⁻¹) в органогенных горизонтах почв коренного елового леса (ПП-1) и лиственно-хвойных насаждений, сформировавшихся на вырубках 2001/2002 гг. (ПП-2) и 1969/1970 гг. (ПП-3).

зитол, в группе низкомолекулярных органических кислот – алифатические замещенные карбоновые кислоты.

ЛИТЕРАТУРА

- Микробные сообщества подзолистых почв на вырубках среднетаежных еловых лесов / Ю.А. Виноградова, Е.М. Лаптева, Е.М. Перминова, С.С. Анисимов, А.Б. Новаковский // Известия Самарского НЦ РАН. 2014. Т. 16. № 5. С. 74–80.
- Дымов А.А., Бобкова К.С., Тужилкина В.В., Ракина Д.А. Растительный опад в коренном ельнике и лиственно-хвойных насаждениях // ИВУЗ «Лесной журнал». 2012. № 3. С. 7–18.
- Дымов А.А., Милановский Е.Ю. Изменение органического вещества таежных почв в процессе естественного лесовозобновления растительности после рубок (средняя тайга Республики Коми) // Почвоведение. 2014. № 1. С. 39–47.
- Лаптева Е.М., Бондаренко Н.Н. Изменение гумусного состояния среднетаежных подзолистых почв под влиянием сплошнолесосечных рубок // Теоретическая и прикладная экология. 2015. № 1. С. 34–43.
- Изменение почв и почвенного покрова еловых лесов после сплошнолесосечных рубок / Е.М. Лаптева, Г.М. Втюрин, К.С. Бобкова, Д.А. Каверин, Г.А.

Симонов // Сибирский лесной журнал. 2015. № 5. С. 64–76.

ФР.1.31.2016.23502 Методика измерения массовой доли азота, углерода, органического вещества на элементном анализаторе EA1110 (CHNS-O).

Водорастворимые органические кислоты торфяных мерзлотных почв юго-востока Большеземель-

ской тундры / Е.В. Шамрикова, Д.А. Каверин, А.В. Пастухов, Е.М. Лаптева, О.С. Кубик, В.В. Пунегов // Почвоведение. 2015. № 3. С. 288–295.

Шамрикова Е.В. Кислотность почв таежной и тундровой зон европейского северо-востока России. СПб.: Наука, 2013. 157 с.

ПРОФИЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ РТУТИ В ОЛИГОТРОФНЫХ И БУГРИСТЫХ БОЛОТАХ РЕСПУБЛИКИ КОМИ

М.В. Бушковская¹, Р.С. Василевич²

¹ Сыктывкарский государственный университет им. Питирима Сорокина, г. Сыктывкар

² Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар

E-mail: vasilevich.r.s@ib.komisc.ru

По токсическому действию на живые организмы ртуть и ее соединения относят к первому классу опасности. Загрязнение ртутью арктических и субарктических экосистем представляет реальную проблему последних десятилетий. Поступление ртути в арктические экосистемы связано как с ее участием в трансграничном атмосферном переносе с промышленно развитых регионов, так и с деятельностью локальных источников загрязнения. Считается, что надежным индикатором аэротехногенного воздействия в северных регионах являются болотные почвы, способные удерживать микроэлементы в стратифицированных торфяных горизонтах.

Задачи: изучение закономерностей распределения ртути в торфяных почвах южной тундры, лесотундры, крайнесеверной, северной и средней тайги Республики Коми и выявление особенностей ее взаимодействия с гуминовыми кислотами в модельных экспериментах.

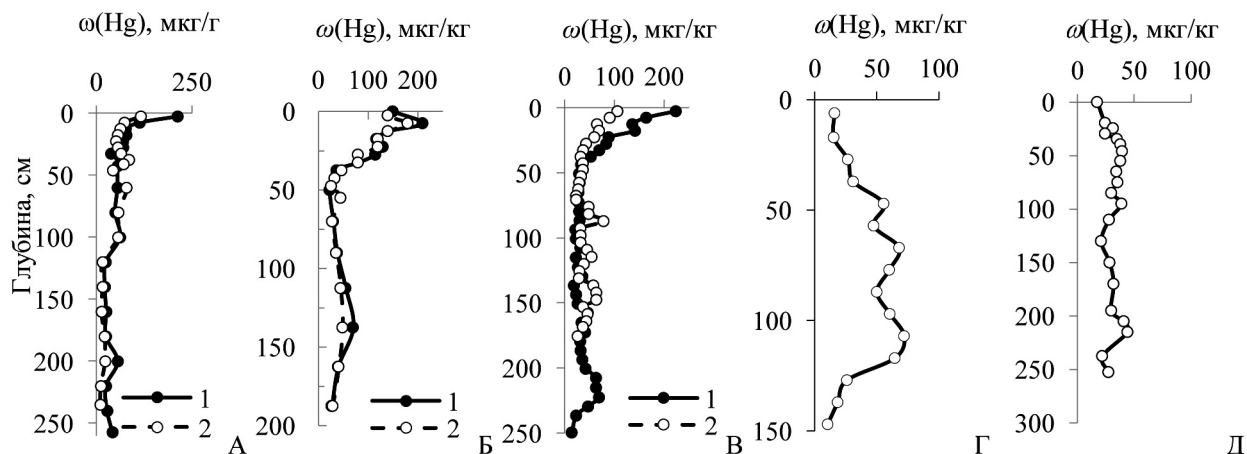
Исследования проведены на фоновых территориях в пределах бугристо-мочажинных комплексов южной тундры (бассейн р. Коротаиха, разрезы 2017-1, 2017-2), лесотундры (бассейн р. Сейда разрезы 2014-1, 2014-2) и крайнесеверной тайги (бассейн р. Большая Инта, разрезы 2015-6, 2015-7), на верховых грядово-мочажинных болотах северной тайги (бассейн р. Печора, разрезы 2016-3, 2016-4) и мезоолиготрофном болотном комплексе средней тайги (бассейн р. Вычегда, разрезы 2015-1, 2015-2, 2015-3). Послойный отбор проб осуществлен на всю мощность торфяных профилей.

Характер накопления ртути в разных типах торфяных болотных почв имеет значительные отличия (см. рисунок). В верхней части профиля почв бугристых болот отмечается регрессивно-аккумулятивный тип накопления. Интенсивное накопление ртути приходится на сезонно-талый слой (СТС). Содержания ртути в СТС в 5–10 раз выше, чем в составе многолетнемерзлых (фоновых) горизонтов. Накопление Hg в СТС исследованных торфяников обусловлено как участием в трансграничном атмосферном переносе, так и эмиссией от региональных источников. Таковыми могут выступать предприятия угольной отрасли Воркутинской и Ин-

тинской промышленных агломераций, включая крупнейшие ТЭЦ-1 и ТЭЦ-2, цементный завод и другие предприятия г. Воркуты (Василевич, 2015). Установлена значимая статистическая взаимосвязь профильного распределения ртути с массовой долей углерода ($R = 0.46$, $p < 0.05$, $n = 33$, $p\text{-level} = 0.008$), с массовой долей гуминовых кислот (ГК) ($R = 0.55$, $p\text{-level} = 0.001$) и молярным отношением C : H ГК ($R = 0.43$, $p\text{-level} = 0.010$). Эти данные свидетельствуют, что основным ртуть-депонирующим геохимическим барьером торфяников являются ГК. Однако в присутствии хлорид-ионов, образующих устойчивые растворимые координационные соединения с ионами ртути, профильная лабильность ртути повышается (Василевич и др., 2014). Наблюдается статистическая взаимосвязь Hg с массовой долей хлорид-ионов в водной вытяжке ($r = 0.68$) в СТС, а также с массовой долей ФК ($r = 0.44$, $r_{5\%} = 0.43$, $n = 21$, $P = 0.95$). В СТС при избытке хлорид-ионов и постоянном поступлении растворимых высоко- и низкомолекулярных органических кислот при разложении растительного материала ртуть может частично мигрировать до многолетнемерзлых пород. Выявлена значимая взаимосвязь содержания вересковых кустарничков в составе торфа СТС с массовой долей Hg ($r = 0.79$, $r_{5\%} = 0.43$, $n = 21$) и мхов ($r = 0.74$).

В многолетнемерзлых породах накопление ртути также происходит на сульфидных геохимических барьерах, образуемых при резкой смене окислительно-восстановительных условий и сорбционных железистых комплексах с ГК, что подтверждается значимыми коэффициентами корреляции валовой ртути с массовой долей S ($r = 0.48$, $n = 49$, $r_{5\%} = 0.23$) и Fe ($r = 0.59$) в составе многолетнемерзлых торфяных слоев.

Профильное распределение ртути в олиготрофных болотах северной и средней тайги зависит от степени разложения торфа и связано с содержанием ГК, ботанического состава торфообразователей. Минимум ее содержания приходится на верхние горизонты (0–25 см), образованные сфагновым торфом со степенью разложения 5–10% и содержанием ГК менее 1%.



Распределение валовой ртути в торфяных почвах южной тундры в разрезах 2017-1 (1), 2017-2 (2) (А), лесотундры в разрезах 2014-1 (1), 2014-2 (2) (Б), крайнесеверной тайги в разрезах 2015-6 (1), 2015-7 (2) (В), северной тайги в разрезе 2016-3 (Г), средней тайги в разрезе 2015-1 (Д).

Максимум содержания приходится на шейхцериный, древесно-шейхцериный виды торфа со степенью разложения (25–40%) и массовой долей ГК до 20%. На эти слои также приходится максимальное содержание валовой серы. Отсутствие значимых коэффициентов корреляции содержания ртути с данными ботанического состава и значимая связь с долей S ($r = 0.92$, $n = 16$, $r_{5\%} = 0.50$) и ГК ($r = 0.78$) показывают ее преимущественную связь с указанными эпигенетическими барьерами.

Проведены модельные эксперименты сорбции ионов ртути (II) образцами торфа и препаратами ГК. Комплексообразование в диапазоне микроконцентраций ионов ртути (II). Показана эффективная сорбция элемента в области микроконцентраций (до 97%) образцами торфа. Максимальное связывание элемента осуществляется препаратами ГК из слоев торфа СТС и на границе многолетней мерзлоты, что соответствует максимальному накоплению элемента в соответствующих торфяных горизонтах. Комплексообразование в диапазоне макроконцентраций ионов ртути (II). Сорбционная емкость препаратов ГК к ионам ртути достигает 400 мг/г. Изменение изотермы сорбции в концентрированной области $c_0(\text{Hg}^{2+}) = 10\text{--}500$ мг/дм³ свидетельствует о подавлении комплексообразования с ГК, вызванном гидролизом ионов

ртути (II). В области концентраций $c_0(\text{Hg}^{2+}) = 10\text{--}75$ мг/дм³, до достижения произведения растворимости гидроксидов ртути, изотерма сорбции имеет практически линейную функцию. Сопоставление ИК-спектров препаратов ГК и гуматов ртути показывает, что связывание ионов ртути (II) в гуматные комплексы осуществляется преимущественно карбоксильными –COOH- и карбонильными –C=O-группами. Увеличение интенсивности линий асимметричных валентных колебаний C=O группы при 1610 см⁻¹, диагностируют увеличение доли карбоксилат-ионов, связанных ртутью при ароматических фрагментах ГК, а при 1660 см⁻¹ – с алифатическими –COOH-группами. Наиболее значимыми алифатическими –COOH-группами, участвующими в образовании координационных соединений, могут быть аминокислотные фрагменты.

ЛИТЕРАТУРА

- Василевич М.И., Щанов В.М., Василевич Р.С. Применение спутниковых методов исследований при оценке загрязнения снежного покрова вокруг промышленных предприятий в тундровой зоне // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2015. Т. 12. № 2. С. 50–60.
- Василевич Р.С., Безносиков В.А., Лодыгин Е.Д., Кондратенко Б.М. Комплексообразование ионов ртути (II) с гуминовыми кислотами тундровых почв // Почвоведение. 2014. № 3. С. 283–294.

СОСТАВ И ЗАПАСЫ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ПОЧВ ХРОНОЛОГИЧЕСКОГО РЯДА ВЫРУБОК КАРЕЛИИ

В.А. Вдовиченко, О.Н. Бахмет

Институт леса Карельского НЦ РАН, г. Петрозаводск
E-mail: veronikavdovichenko@gmail.com

Процессы минерализации и гумификации органического вещества, поступающего на поверхность почвы в виде растительных и животных остатков, в значительной степени влияют

на плодородие почв и продуктивность растительных сообществ, являясь тем самым одним из важнейших компонентов биологического круговорота веществ, обеспечивающего устой-

чивость лесных биоценозов и экосистемы в целом (Zhang et al., 2008; Prescott, 2010; Berg, 2014). Изменение скорости гумификации и минерализации органического вещества в лесных подстилках в результате антропогенного воздействия приводит к миграции и перераспределению органического вещества по профилю, меняя тем самым свойства почв.

Цель исследования – выявление закономерностей изменения биохимического состава поступающего на поверхность почвы растительного опада, а также определение запасов органического вещества корнеобитаемого слоя почвы после проведения сплошных рубок сосновых древостоев.

Объектами исследования послужили почвы сплошных вырубок (текущего года и четырехлетней давности) и производных лиственных насаждений, формирующихся на местах проведения лесозаготовительных работ 10-, 20- и 40-летней давности. В качестве контроля был выбран ненарушенный 120-летний сосняк брусничный. Почвы всех пробных площадей представляли собой подзолы иллювиально-железистые, формирующиеся на флювиогляциальных песках.

Химический анализ почвенных образцов включал определение актуальной кислотности водной и солевой вытяжек, общего углерода и общего азота, а также содержания неспецифических веществ – целлюлозы и лигнина общепринятыми методами.

На контрольном участке органогенный горизонт представлял собой типичную для среднетаежной подзоны Карелии и данного типа леса грубогумусную лесную подстилку, дифференцируемую на два подгоризонта L и F+H, средней мощностью 3.5 и 2 см. Лесная подстилка характеризовалась невысокой интенсивностью трансформации органического вещества, на которую указывало повышенное содержание трудноразлагаемых частей растительного опада кислого состава (pH 2.9–3.1) – целлюлозы и лигнина. В верхнем подгоризонте содержание данных компонентов достигало 14.3 и 41%, а в нижнем – 13.9 и 42.3% соответственно. Также была отмечена невысокая скорость минерализации органического вещества, обусловленная **слабым обогащением органического вещества азотом**, на что указывало широкое отношение C/N в подгоризонтах L и F+H, равное 33 и 40 соответственно.

Проведение лесозаготовительных работ повлекло за собой изменение структуры лесной подстилки, мощность которой варьировала в зависимости от степени нарушения в пределах от 0.5 до 4 см. Содержание целлюлозы и лигнина в фрагментарно сохранившемся органогенном горизонте уменьшилось в половину относительно значений контрольного участка (6.3 и 28.1%). Показатели кислотности и отношение C/N **оставались неизменными** относительно контроля.

Появление на вырубке четырехлетней давности кустарничково-зеленомошного покрова и всходов древесных пород сопровождалось изменением количественного и качественного состава растительного опада. В органогенном горизонте наблюдалось снижение кислотности (pH 3.3), а также уменьшение содержания целлюлозы (3.7) и лигнина (18.6%). В целом, на вырубке четырехлетней давности произошло улучшение условий для разложения растительных остатков, на что указывает сужение отношения C/N до 24.

В хвойно-лиственном насаждении, формирующемся на вырубке 10-летней давности, условия для гумификации растительных остатков значительно улучшились. Эти изменения обусловлены увеличением в составе опада лиственного и травяного материала, в котором содержание целлюлозы (3.0%) и лигнина (15.7%) было наименьшим. В условиях менее кислой среды (pH 3.8) возросла микробиологическая активность, что привело к более интенсивному потреблению азота и как следствие способствовало расширению отношения C/N **до 38**. В таких условиях мощность горизонта не превышала 2 см.

Под злаково-разнотравными березняками, произрастающими на вырубках 20- и 40-летней давности, лесные подстилки приобрели признаки, характерные для лиственных типов леса. Наблюдалось увеличение мощности органогенных горизонтов относительно вырубки 10-летней давности до 3–4.5 см за счет роста количества поступающего на поверхность почвы опада. На данных этапах лесовозобновления органогенные горизонты характеризовались наименее кислым составом (pH 4.3 и 4.6). Постепенно возрастало содержание целлюлозы (от 8 до 11%) и лигнина (от 43.8 до 43.3%). С увеличением возраста насаждений отмечалась тенденция расширения отношения C/N от 18 до 25 за счет увеличения содержания углерода в растительном материале.

Запасы органического вещества в лесных подстилках на вырубках закономерно снижались, а с увеличением возраста насаждений постепенно возрастали. Изменение гидротермического режима вследствие удаления древесной растительности и интенсивной гумификации растительного опада способствовало иллювинованию гумуса по почвенному профилю. В результате миграции гумуса на вырубке четырехлетней давности сформировались переходные горизонты АЕ, а под 10-летним насаждением – полноценный гумусовый горизонт А. С увеличением возраста насаждений в профиле почвы выделялись как гумусовые (А), так и переходные (АЕ) горизонты. С появлением в почвенном профиле гумусово-аккумулятивных горизонтов запасы органического вещества в корнеобитаемом слое почвы (0–25 см) претерпели значительные изменения. В почвах под

10-летним хвойно-лиственным насаждением запасы органического вещества достигали значений, равных запасам под ненарушенным сосновым древостоем, а с увеличением возраста насаждений до 20 и 40 лет показатели возросли и значительно превысили значения контрольного участка.

Финансовое обеспечение исследований осуществлялось из средств федерального бюджета на выполнение государственного задания КарНЦ РАН (0220-2017-0004).

МОЛЕКУЛЯРНО-МАССОВОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ГУМУСОВЫХ КИСЛОТ ТОРФЯНЫХ МЕРЗЛОТНЫХ ПОЧВ ЕВРОПЕЙСКОГО СЕВЕРО-ВОСТОКА РОССИИ

К.С. Вежов, Р.С. Василевич

Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар

E-mail: vasilevich.r.s@ib.komisc.ru

Гуминовые кислоты представляют собой естественные органические макромолекулы с различным распределением молекулярных размеров, примерно от 5 до 100 кДа, и характеризуются молекулярно-массовым распределением (ММР). Изучение ММР гуминовых кислот необходимо для выяснения их роли в процессах почвообразования, взаимодействия с минеральными соединениями, в создании агрохимически ценных почвенных агрегатов (Лодыгин и др., 2007). Изменения в распределении молекулярных размеров этих полидисперсных макромолекул часто происходят в ответ на изменения условий окружающей среды (Василевич и др., 2015).

Цель работы – изучение особенностей молекулярно-массового распределения гуминовых кислот (ГК) в почвах бугристых торфяных болот. Задачи: 1. Методом эксклюзионной жидкостной гель-хроматографии дать характеристику ММР ГК для сухоторфяной мерзлотной почвы бугров и почвы оголенных торфяных пятен. 2. Определить взаимосвязь ММР со структурно-функциональными параметрами ГК.

Исследования проведены в Большеземельской тундре Воркутинского района Республики Коми (бассейн р. Сейда) в пределах бугристо-мочажинного комплекса на сухоторфяных мерзлотных почвах бугров и почвах оголенных торфяных пятен.

Объекты исследований – препараты ГК мерзлотных бугристых торфяных почв. Молекулярно-массовые распределения препаратов ГК были получены на хроматографической системе АКТАbasic с использованием колонки Superdex™ 200. Определение рабочей области геля проводили с применением растворов голубого декстрана и бихромата калия. В качестве элюата брали Tris-HCl-буфер с pH = 8.2. Для обработки хроматографических данных и расчета молекулярно-массового распределения фракций препаратов ГК использовали оригинальную

ЛИТЕРАТУРА

Berg B. Decomposition patterns for foliar litter: A theory for influencing factors // Soil Biology Biochemistry. 2014. V. 78. P. 222–232.

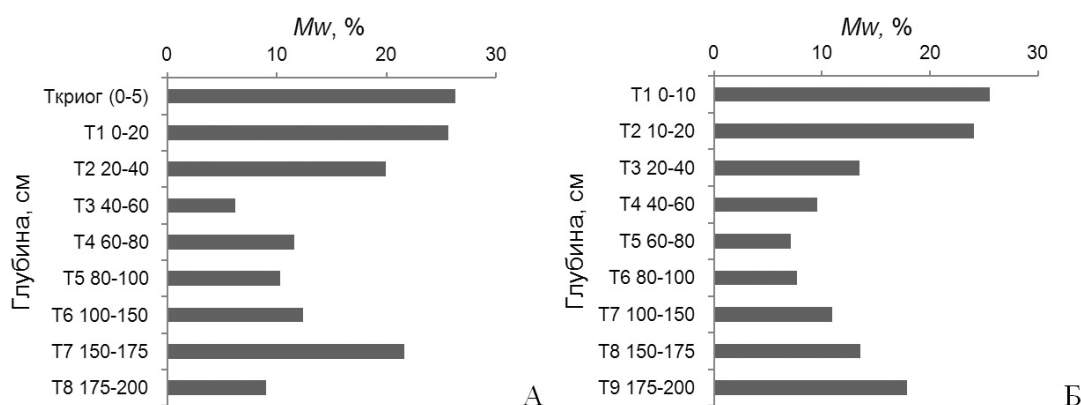
Prescott C. Litter decomposition: what controls it and how can we alter it to sequester more carbon in forest soils // Biogeochemistry. 2010. V. 101. P. 133–149.

Zhang D., Hui D., Luo Y., Zhou G. Rates of litter decomposition in terrestrial ecosystems: global patterns and controlling factors // Journal of Plant.

программу Unicorn 5.10. Градуировку колонки проводили по глобулярным белкам, структура которых наиболее близка к структуре ГК и полиэтилен гликолям (ПЭГ) с заданными значениями молекулярных масс.

Гель-хроматограммы ГК имеют три экстремума, соответствующие трем фракциям ГК: высокомолекулярной > 600 кДа (область а), среднемолекулярной 7.7–12.6 кДа (область б) и низкомолекулярной 0.3–0.7 кДа (область в). Области на хроматограммах, относящиеся к разным фракциям, имеют различные площади, что свидетельствует о вариации их относительного содержания в исследуемых образцах. Кривые молекулярно-массового распределения фракций имеют один ярко выраженный максимум в низкомолекулярной области.

Доля низкомолекулярных фракций ГК торфяников доминирует (64.5–82.5%) и статистически достоверно превышает массовые доли средне- (21.4–29.0%) и высокомолекулярных (0.7–3.8%) фракций. Наибольшие средневзвешенные молекулярные массы препаратов ГК (M_w 25.5–26.3 кДа) приурочены к верхним горизонтам сезонно-талого слоя (СТС), за счет большего вклада высоко- и среднемолекулярных фракций (см. рисунок). По данным ^{13}C ЯМР-спектроскопии, эти образцы характеризуются наибольшей долей неокисленных алифатических и углеводных фрагментов в составе молекул ГК. Это обуславливает увеличение линейных размеров молекул (стоксовских радиусов) за счет длинных неразветвленных углеводных цепей парафиновых фрагментов и олиго- и полисахаридных фрагментов. Это положение подтверждается значимой корреляцией отношения $x(\text{H}):x(\text{C})$ по данным элементного анализа с массовой долей высокомолекулярной фракции ($r = 0.50$, $r_{5\%} = 0.46$, $n = 18$, $P = 0.95$), а также значимой корреляцией степени разложения торфа с долей низкомолекулярной фракции ($r = 0.51$).



Средневзвешенные молекулярные массы ГК разрезов 2014-1 (А) и 2014-2 (Б).

Анализ ММР многолетнемерзлых пород характеризуется уменьшением средневзвешенных ММ (9.0–17.9 kDa) ГК преимущественно за счет уменьшения доли высокомолекулярной фракции от 3.8 до 1.5%. Особенно интенсивно ее изменение на границе ММП. Это может быть обусловлено динамическими процессами оттаивания и замерзания за счет расклинивающего действия пленок воды, приводящими к деформации молекулярных структур с понижением молекулярных масс. Этим горизонтам соответствуют ГК с большей степенью ароматичности молекул, по данным ^{13}C ЯМР-спектроскопии, и меньшей долей неокисленных алифатических фрагментов. Также это может быть связано с изменением ботанического состава торфа. По данным ^{13}C ЯМР, происходит трансформация длинноцепочечных парафиновых структур на более короткие и разветвленные. Важно отметить, что с глубины 60–80 см наблюдается резкое увеличение зольности торфа с 50 до 90% в органоминеральных горизонтах нижней части профиля (Vasilevich et al., 2018). Увеличение средневзвешенной ММ в многолетнемерзлой толще, вероятно, обусловлено коагуляцией ГК на минеральной матрице торфа с образованием высокомолекулярных ГК. Это подтверждается значимой корреляцией окисленных ароматических фрагментов с долей высоко- ($r = 0.74$, $r_{5\%} = 0.60$, $n = 11$, $P = 0.95$) и среднемолекулярной фракций ($r = 0.62$), в составе которых доминируют структурные единицы лигнина – синрингил- и гваяцилпропановые фрагменты. Также наблюдается статистическая связь хинновых фрагментов с долей этих фракций ($r = 0.59$).

Таким образом, получены данные молекулярно-массового распределения гуминовых кислот бугристых торфяников лесотундры. Установлено, что доля низкомолекулярных фракций ГК торфяников доминирует и статистически достоверно превышает массовые доли средне- и высокомолекулярных фракций. Наибольшие средневзвешенные молекулярные массы препаратов ГК приурочены к верхним горизонтам сезонно-талого слоя за счет большего вклада высоко- и среднемолекулярных фракций. Высокомолекулярные фракции ГК состоят преимущественно из разветвленных парафиновых структур с высоким содержанием алкильных, углеводных, спиртовых и аминокислотных фрагментов, а в низкомолекулярных фракциях ГК сосредоточен ароматический углерод.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ МОЛ_А № 16-35-00218.

ЛИТЕРАТУРА

- Василевич Р.С., Лодыгин Е.Д., Безносилов В.А. Молекулярно-массовое распределение гумусовых веществ, экстрагированных из тундровых почв европейского северо-востока России // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 3: Биология. 2015. № 4. С. 103–111.
- Лодыгин Е.Д., Безносилов В.А. Изучение полидисперсности гумусовых веществ методом гель-хроматографии // Вестник Института биологии Коми НЦ УрО РАН. 2007. № 9 (119). С. 29–33.
- Vasilevich R., Lodygin E., Beznosikov V., Abakumov E. Molecular composition of raw peat and humic substances from permafrost peat soils of European Northeast Russia as climate change markers // Science of the Total Environment. 2018. Vol. 615. P. 1229–1238.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ФИТОМАССЫ В ДРЕВОСТОЕ ЛИСТВЕННО-ХВОЙНОГО НАСАЖДЕНИЯ ПОДЗОНЫ СРЕДНЕЙ ТАЙГИ

Н.В. Герлинг, С.И. Тарасов

Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар

E-mail: gerling@ib.komisc.ru

Традиционными характеристиками, используемыми для оценки состояния древостоев, являются такие лесотаксационные показатели, как густота, запас стволовой древесины, сумма площадей сечений, полнота и др. Наряду с вышеперечисленными характеристиками, фитомасса также является важным показателем оценки состояния древостоя (Базилевич и др., 1986).

Цель работы – сравнительная оценка стадии развития древесных пород в составе лиственно-хвойного насаждения послерубочного происхождения на основании лесотаксационных показателей и распределения фитомассы.

Исследование проводили на территории Княжпогостского административного района Республики Коми (Ляльский лесозоологический стационар Института биологии Коми НЦ УрО РАН) в 2017 г. Постоянная пробная площадь (ППП) размером 40×60 м заложена согласно ОСТ 56-69-83 на водосборе р. Майя в условиях пологого склона северо-западной экспозиции. Почва на постоянной пробной площади представлена мелкоподзолистыми остаточнок-карбонатными суглинистыми почвами, местами с признаками ожелезнения, а также глееватости в нижней части профиля. В составе напочвенного покрова преобладают *Linnaea borealis* L., *Vaccinium myrtillus* L., *Majanthemum bifolium* (L.) F.Schmidt., *Geranium silvaticum* L. Подлесок представлен *Juniperus communis* L., *Lonicera xylosteum* L., *Rosa cinnamomea* L., мохово-лишайниковый ярус – зелеными мхами.

Оценка фитомассы деревьев каждой породы в составе древостоя проведена методом модельных деревьев (Родин и др., 1968). Расчет надземной фитомассы осуществляли на основе аллометрических уравнений, связывающих фитомассу отдельных фракций дерева с его биометрическими показателями (Тарасов и др., 2018).

Лиственно-хвойное насаждение кустарничково-зеленомошного типа, возникшее на месте вырубki ельника чернично-зеленомошного, в настоящее время имеет следующий состав древостоя 4Ос2Е2Б2Пх, ед. С., который может быть охарактеризован как смешанный двухъярусный. Лесотаксационная характеристика древостоя представлена в таблице. По запасу стволовой древесины лидирует осина (38.2%). Запас древесины остальных пород практически одинаков и составляет приблизительно 20%.

Надземная фитомасса осины имеет максимум, соответствующий ступени толщины, равной 32 см (рис. 1). Основную часть надземной фитомассы осины формируют деревья с диаметрами от 24 до 40 см, при этом запас органического вещества, приходящийся на мелкие ступени толщины незначителен. Данное обстоятельство можно рассматривать как показатель завершения осинной стадии роста и перехода в состояние зрелости. Береза, вероятно, также завершает стадию активного роста. Основная часть надземной фитомассы березы сосредоточена в двух диапазонах ступеней толщины – от 16 до 24 и от 36 до 40 см.

Надземная фитомасса хвойных (ели и пихты) сравнима с надземной фитомассой лиственных пород, однако распределение ее неравномерно. Характерной особенностью распределения фитомассы хвойных является накопление органического вещества молодыми деревьями с диаметрами от 6 до 12 см (ель – 23%, пихта – 4%). Это несомненно аргумент в пользу того, что ель и пихта находятся на начальных стадиях роста.

Данные о стадиях роста пород в составе древостоя согласуются с выводами, которые можно сделать на основе таксационных показателей, например, распределения количества деревьев по ступеням толщины (рис. 2). Густота осины и березы по сравнению с густотой хвой-

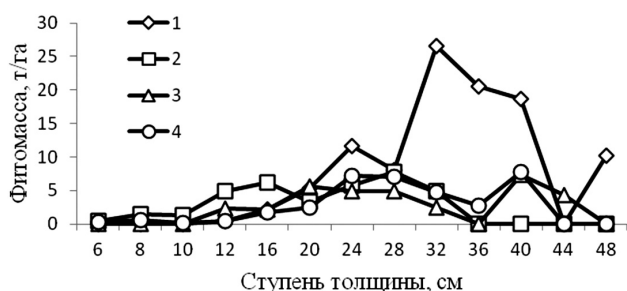


Рис. 1. Распределение надземной фитомассы деревьев по ступеням толщины в лиственно-хвойном насаждении: 1 – осина, 2 – ель, 3 – береза, 4 – пихта.

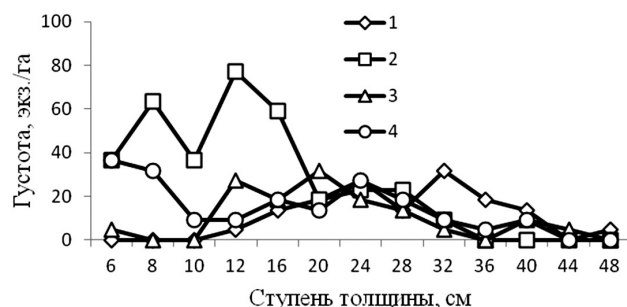


Рис. 2. Распределение деревьев по ступеням толщины в лиственно-хвойном насаждении: 1 – осина, 2 – ель, 3 – береза, 4 – пихта.

Таксационная характеристика древостоя лиственно-хвойного кустарничково-зеленомошного фитоценоза

Состав	Порода	Количество деревьев, экз./га	Сумма площадей сечений, м ² /га	Запас, м ³ /га	Полнота, относительная	Средние	
						Диаметр, см	Высота, м
4Ос2Е2Б2Пх, ед.С	Осина	145	10.2	120.8	0.29	29.9	25.1
	Ель	345	7.0	62.9	0.26	16.1	14.4
	Береза	132	5.9	65.0	0.21	23.8	22.5
	Пихта	186	6.1	68.1	0.18	20.4	20.1
Всего		808	29.2	316.8			

ных при малых ступенях толщины пренебрежимо мала. Ель и пихта в составе древостоя представлены обильной молодой генерацией, имеющей диаметры от 6 до 12 см (молодняк, жердняк), тогда как основное количество деревьев лиственных пород приходится на диапазон крупных диаметров.

Характеристики стадий развития пород древостоя – активного роста хвойных и завершение роста лиственных – также подтверждаются количеством и качеством подроста. Густота благонадежного подроста ели составляет 4009 экз./га, пихты – 5605, что значительно превышает густоту подроста лиственных: осина – 1164 экз./га, береза – 109.

Таким образом, ход развития насаждения может рассматриваться с точки зрения распределения надземной фитомассы древостоя. Пионерские породы, заселившие вырубку раньше, имеют преимущество во времени развития. К тому моменту, когда теневыносливые, медленно растущие породы только начинают зани-

мать свое место в древесном ярусе, пионерные породы успевают накопить значительное количество органического вещества, что характерно для стадии зрелости. Соотношение фитомасс пионерных и замещающих их пород в лесном насаждении может служить индикатором стадии развития древостоя.

ЛИТЕРАТУРА

Базилевич Н.И., Гребенщиков О.С., Тишков А.А. Географические закономерности структуры и функционирования экосистем. М.: Наука, 1986. 296 с.

ОСТ 56-69-83. Пробные площади лесоустроительные. Метод закладки. М.: ЦБНТИ Гослесхоза СССР, 1983. 60 с.

Родин Л.Е., Ремезов Н.П., Базилевич Н.И. Методические указания к изучению динамики и биологического круговорота в фитоценозах Л.: Наука, 1968. 145 с.

Тарасов С.И., Пристова Т.А., Бобкова К.С. Динамика фитомассы древостоя лиственно-хвойного фитоценоза средней тайги Республики Коми // Сибирский лесной журнал. 2018. № 1. С. 50–58.

ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ КОМПЛЕКСОВ МИКРОМИЦЕТОВ ТУНДРОВЫХ ПОСТАГРОГЕННЫХ ПОЧВ В ЛАНДШАФТНОМ АСПЕКТЕ

В.А. Ковалева

Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар

E-mail: kovaleva@ib.komisc.ru

В последнее время в нашей стране активно изучается процесс постагрогенного преобразования экосистем и отдельных ее компонентов. При этом большинство исследований в этой области связано с заброшенными сельскохозяйственными угодьями в южной тайге. Постагрогенные процессы в тундровых почвах являются малоизученными и ввиду того, что тундровая зона не принадлежит к территориям традиционного земледелия. Однако изучение механизмов и процессов самовосстановления заброшенных агроэкосистем имеет как самостоятельное научное значение, так и определенный практический интерес, связанный с прогнозом их развития в суровых климатических условиях. Скорость обратной эволюции отдельных почвенных свойств к исходному состоянию различна и зависит от степени их консервативности и внешних факторов, один из которых – положение в ландшафте. Одним из важных параметров экосистемы является функционирование микробного комплекса почвы, его характе-

ристика позволяет в перспективе выйти на качественную и количественную оценку постагрогенного преобразования в условиях тундры.

Цель исследования – дать сравнительную характеристику почвенных грибных сообществ тундровых постагрогенных экосистем, занимающих разное положение в ландшафте подзоны южно-кустарниковой тундры (Большеземельская тундра).

Работы проводились летом 2014 г. в Воркутинском районе Республики Коми. Исследованы постагрогенные экосистемы, занимающие разное положение в ландшафте – от элювиального типа (вершина водораздельного холма) к аккумулятивному (пойма р. Воркута). Участок расположен на вершине водораздельного холма (67°31' с.ш., 64°07' в.д.), освоен в 1965 г. методом «залужения» (Хантимер, 1974), находился в хозяйственном использовании около 35 лет. Агросрежим луга включал ежегодное внесение минеральных удобрений в начале вегетационного периода и сенокошение в конце ию-

ля. В 2000 г. хозяйственное использование луга прекратили. Участок «надпойменная терраса» – 16-летняя постагрогенная экосистема, сформировавшаяся на месте многолетнего сеяного лисохвостно-мятликового луга. Участок расположен на надпойменной террасе р. Воркута (67°31' с.ш., 64°03' в.д.), освоен в 1955 г. методом «залужения». После трехлетних посевов овса в 1958 г. на данном участке были высеяны многолетние травы – лисохвост луговой и мятлик луговой. Хозяйственное использование луга прекратили в 1998 г. (Биологическое разнообразие..., 2005). Участок «пойма» представляет собой 13-летнюю постагрогенную экосистему на месте бывшей пашни в пойме р. Воркута (67°32' с.ш., 64°02' в.д.). Данный участок поймы в долине р. Воркута включен в сельскохозяйственное производство в 50-х гг. прошлого столетия. На рассматриваемом участке поймы в течение 40 лет возделывали преимущественно однолетние культуры – овес и овсяно-гороховую смеси (Хантимер, 1974, 1985). Его хозяйственное использование в качестве пашни было прекращено в 2001 г. (Экологические основы..., 1991).

Результаты микробиологического анализа, проведенные методом люминесцентной микроскопии, показали, что во всех исследуемых почвах функционально активная часть микроскопических грибов сосредоточена в верхних органических горизонтах. Мицелий грибов выделен только до глубины 15–20 см, ниже обнаружены только споры.

Максимальными величинами микробной биомассы характеризуются верхние органо-генные горизонты почв (подстилки, глубина – 0–10 см) водораздельного участка (312.0 мкг/г) и надпойменной террасы (293.9 мкг/г). В микробной биомассе анализируемых почв доминируют микромицеты, в биоморфологической структуре которых доля мицелия выше доли спор в подстилке и гумусово-аккумулятивных горизонтах. В минеральных горизонтах мицелий не выделен и основными компонентами микробной биомассы являются споры грибов и прокариотические микроорганизмы. Показатели биомассы грибного мицелия прямо пропорциональны его длине и диаметру. При этом диаметр грибных гиф существенно отличается в зависимости от типа почвы. Наибольший средний диаметр гиф регистрируется в постагрогенной почве на водоразделе (2.3 мкм), а наименьший – в пойменной почве (1.0 мкм). От верх-

них горизонтов к нижним диаметр гиф достоверно снижался во всех трех исследуемых почвах. Наибольший средний диаметр грибных спор отмечен также в почве на вершине водораздельного холма (3.9 мкм), а наименьший – в почве пойменной постагрогенной экосистемы (3.3 мкм).

В результате проведенных исследований почвенных комплексов микромицетов составлен список, включающий 46 видов микромицетов, отнесенных к 18 родам, и две формы (светло- и темноокрашенная) стельного мицелия – *Mycelia sterilia*. Основные роды почвенных микроскопических грибов представлены различным количеством видов – от одного до 10. Почвенная микобиота изученных почв характеризуется обилием стерильного мицелия и постоянным присутствием видов рода *Penicillium*. Наибольшее количество видов было выделено из почвы пойменной постагрогенной экосистемы – 32 вида, меньше (25 видов) – из почвы постагрогенной экосистемы на надпойменной террасе, минимальное (19 видов) – из почвы постагрогенной экосистемы на вершине водораздельного холма.

Сравнительный анализ видового состава комплексов почвенных микромицетов исследуемых постагрогенных экосистем показал, что наибольшим видовым разнообразием (индекс Шеннона равен 2.67) и видовой специфичностью (коэффициент специфичности – 0.26) характеризуется микобиота пойменной постагрогенной почвы, что связано с более благоприятными условиями для ее функционирования.

Работа выполнена при финансовой поддержке проекта УрО РАН «Микробные сообщества криогенных почв как основа стабильного функционирования наземных экосистем Арктики и Субарктики в условиях меняющегося климата и антропогенного воздействия». Регистрационный номер: АААА-А17-117122190039-0.

ЛИТЕРАТУРА

Биологическое разнообразие и продуктивность антропогенных экосистем Крайнего Севера / А.Н. Панюков, Н.С. Котелина, И.Б. Арчегова, Ф.М. Хабибуллина. Екатеринбург, 2005. 120 с.

Экологические основы управления продуктивностью агрофитоценозов восточноевропейской тундры / И.Б. Арчегова, Н.С. Котелина, Л.К. Грунина, Г.Г. Романова, Л.П. Турубанова, Е.С. Братенкова. Л.: Наука, 1991. 152 с.

Хантимер И.С. Сельскохозяйственное освоение тундры. Л.: Наука, 1974. 227 с.

РАСТВОРИМЫЕ ОРГАНИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ В РАСТИТЕЛЬНЫХ ОБЪЕКТАХ

О.С. Кубик

Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар

E-mail: kubik-olesia@yandex.ru

В рамках сложных круговоротов вещества и энергии протекают процессы, обуславливающие формирование, функционирование и эволюцию почв. В основе этих круговоротов лежат разнообразные миграционные процессы веществ, часть из которых благодаря биологическому круговороту аккумулируется в органическом веществе почвы в виде устойчивых соединений гумуса. Этот комплекс органических соединений почвы образуется при разложении растительных остатков при участии микроорганизмов с последующей их гумификацией. Ключевыми предшественниками гумусовых веществ являются высоко- (лигнин, меланоиды) и низкомолекулярные (сахара, аминокислоты, фенольные соединения и др.) соединения (Мамонтов и др., 2017). Именно за счет растворимой фракции низкомолекулярных органических соединений интенсифицируется почвенно-геохимический круговорот веществ, хотя содержание их в почве невелико. Эти соединения способны вступать в реакции конденсации с образованием гетерогенных и полидисперсных макромолекул (Кауричев, 1996). Ярким примером данного взаимодействия служит реакция Майера – поликонденсация сахаров и аминокислот с образованием меланоидинов (рис. 1) (Космачевская, 2012).

Мобилизация, аккумуляция и трансформация органического вещества считаются основными процессами первичного педогенеза (Абакумов, 2012). Основным источником гумуса первичных почв являются растительные сообщества, способные к произрастанию в экстре-

мальных условиях, на которые другие растения не претендуют (галофиты), либо, напротив, из эвритопных видов с большой экологической валентностью, способных осваивать разные среды обитания (лишайники и мхи). Последние господствовали в растительном покрове до появления высших растений, что предполагает их ведущую роль в формировании первичного растительного и почвенного покровов в становлении наземных экосистем (Заварзина, Заварзин, 2013).

С целью оценки потенциального вклада растительных сообществ в гумификацию были получены данные по содержанию в них растворимых органических соединений (РОС).

Объектами исследования выбраны цианолишайники двух систематических групп, относящиеся к порядкам *Peltigerales* (роды *Peltigera*, *Nephroma*, *Solorina*) и *Lecanorales* (роды *Cladonia*, *Cetraria*, *Alectoria*), мхи (*Pleurozium schreberi*, *Racomitrium lanuginosum* и *Racomitrium canescens*) и представители травянистого яруса приморского разнотравно-злакового луга – смесь обычных злаков сырых лугов (*Elymus fibrosus*, *Bromopsis inermis*, *Festuca rubra*) и осоки (*Carex sp.*). Анализ физико-химических характеристик наземной биомассы выполнен хроматографическими методами, разработанными в Институте биологии Коми НЦ УрО РАН: массовая концентрация низкомолекулярных органических соединений и свободных аминокислот.

Методом газовой хроматографии и хромато-масс-спектрометрии (ГХ/МС) определен качественный и количественный составы растворимых органических соединений растительных объектов. Все соединения относятся к трем классам: кислоты, спирты, углеводы. Массовая концентрация РОС в цианолишайниках равна 5–12 г/кг, хлоролишайниках, осоках и злаках – до 2, во мхах достигает 4 г/кг. Доля всех идентифицированных соединений от общего углерода водорастворимых органических соединений составляет от 0.4 до 7%. Относительный состав идентифицированных соединений отчетливо демонстрирует различие между лишайниками, мхами и высшей растительностью (злаки, осоки) (рис. 2). У первых преобладают спирты, массовая доля которых от общего количества соединений составляет 70–90%, во второй группе доминируют углеводы (80–90%). Преобладание спиртов в лишайниках связано с тем, что большая часть углерода, ассимилированного фотобионтом в виде растворимых углеводов, немедленно конвертируется микобионтом в спирты, преимущественно манитол и арабитол. Разные виды высшей растительности также отличаются в относительном

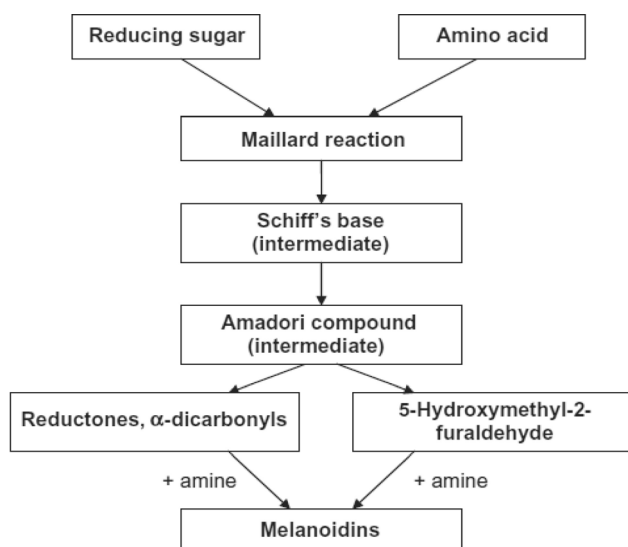


Рис. 1. Схема реакции Майера: образование меланоидинов при поликонденсации углеводов и аминокислот (Ikan et al., 1996).

содержании различных классов РОС: в злаках (54% – углеводы, 23 – кислоты) и осоках (57% – кислоты, 16 – углеводы). Представители высшей растительности отличаются от других объектов исследования более высоким относительным содержанием доли низкомолекулярных кислот (до 55%).

Методом ионообменной хроматографии обнаружено 32 аминокислоты, из них общими для всех образцов являются восемь, на долю которых в среднем приходится 50% от суммы всех идентифицированных соединений. Глутаминовая кислота составляет от четверти до половины суммы идентифицированных соединений, аспарагин, глутамин, аланин и γ -аминобутировая кислота – 10–30%, аспарагиновая кислота и серин – до 10%. Отличительной особенностью высшей растительности от низшей является содержание пролина в значительных количествах (злаки – 15%, осоки – 45%), который входит в состав белка тканей сосудистых растений (коллаген) (Таганович, 2013). К оставшимся 24 идентифицированным компонентам относятся аминокислоты, амиды и мочевины, доля каждого составляет менее 5%.

Таким образом, установлен состав потенциальных продуктов для гумификации по Майеру растительных объектов. Различные представители высших и низших растений служат значимым источником различных классов растворимых органических соединений, отличающиеся между собой по количественным характеристикам. Увеличение содержания РОС происходит в направлении: злаки–осоки–пелитигеро-вые лишайники–цианолишайники–мхи. Среди представителей низшего класса наибольший интерес представляют пелитигеро-вые лишайники, поскольку содержание гумусовых предше-

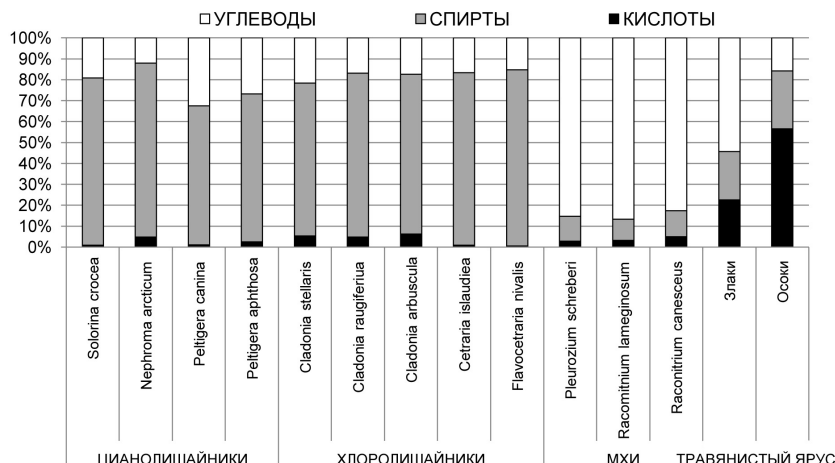


Рис. 2. Относительное содержание растворимых органических соединений растительных объектов.

ственников в них в несколько раз выше, чем в леканоровых видах и мхах.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке проектов Комплексной программы УрО РАН № 18-9-4-13 «Междисциплинарный синтез – ключ к познанию функционирования приморских арктических экосистем России в свете нарастающих угроз современности (на примере Баренцева моря)».

ЛИТЕРАТУРА

- Абакумов Е.В. Первичные почвы в природных и антропогенных экосистемах: Автореф. дис. ... докт. биол. наук. Тольятти, 2012. 73 с.
- Заварзина А.Г., Заварзин А.А. Гумус в ранних наземных экосистемах // Природа. 2013. № 9. С. 49–58.
- Кауричев И.С., Яшин И.М., Черников В.А. Теория и практика метода сорбционных лизиметров в экологических исследованиях: Учеб. пособие. М.: Изд-во МСХА, 1996. 142 с.
- Космачевская О.В. Вездесущая реакция Майяра // Химия и жизнь. 2012. № 2.
- Мамонтов В.Г., Панов Н.П., Игнатьев Н.Н. Общее почвоведение: Учебник. М.: КНОРУС, 2017. 538 с.
- Таганович А.Д. Биологическая химия: Учебник. Минск: Высшая школа, 2013. 671 с.

ГОРИЗОНТАЛЬНАЯ СТРУКТУРА ДРЕВОСТОЕВ КОРЕННЫХ ЗАБОЛОЧЕННЫХ ЕЛЬНИКОВ ПОДЗОНЫ СЕВЕРНОЙ ТАЙГИ РЕСПУБЛИКИ КОМИ

А.В. Манов, И.Н. Кутявин
Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар
E-mail: manov@ib.komisc.ru

В северотаежных лесах Приуралья доминируют ельники. Здесь они формируют, как правило, смешанные по составу и сложные по строению разновозрастные древостой. В таких древостоях непрерывно прослеживаются разно-сторонние взаимовлияния древесных растений, проявляющиеся в конкурентных меж- и внутривидовых отношениях за питательные веще-

ства и жизненное пространство (Цветков, 2004). Однако напряженность конкуренции в них неодинакова, что связано с неравномерностью размещения деревьев и различиями их жизненно-го состояния, приводящая к дифференциации размеров особей. В итоге конкурентные процес-сы обуславливают формирование ценозов опре-деленной пространственной структуры, кото-

рая во многом определяет устойчивость и продуктивность лесных экосистем (Стороженко..., 2007).

Цель работы – определение закономерностей горизонтальной структуры древостоев коренных ельников чернично-сфагновых с разных лесных массивов подзоны северной тайги.

Мы предполагаем, что сопоставление исследуемых еловых древостоев по их размерной структуре должно отразиться и на близости показателей горизонтальной структуры древостоев.

Объекты изучения – коренные ельники чернично-сфагновые, развивающиеся в северо-таежном районе Республики Коми в предгорьях Урала.

В заболоченных коренных еловых сообществах нами заложены две пробные площадки (ПП) квадратной формы площадью 0.25 га. Они расположены в разных лесных массивах и находятся на расстоянии ~50 км друг от друга в долготном градиенте. ПП условно обозначены названиями рядом располагающихся географических объектов (рек). Краткая таксационная характеристика объектов исследования приведена в табл. 1.

Для выполнения цели работы на ПП определяли позицию деревьев на площади в прямоугольной системе координат (X, Y) при помощи комплекса для инвентаризации леса Postex Laser Haglof, с точностью 0.01 м.

Чтобы выявить особенности горизонтальной структуры древостоев, нами проведено их деление по категориям крупности и видам деревьев. Для этого была рассмотрена позиция на

площади крупных ($d_{1.3} \geq 16$ см), средних ($d_{1.3} = 10-15.9$), мелких ($d_{1.3} = 6-9.9$ см) хвойных и лиственных деревьев. Сухостойные деревья и валеж в анализе не участвовали из-за малой выборки статистических показателей, что ведет к ослаблению пространственных эффектов (Фардеева и др., 2008).

Размещение деревьев на площади (двумерное пространство) может быть рассмотрено как точечный процесс, где «точки» – это положение оснований их стволов относительно координат (X, Y). В качестве статистического инструмента для оценки пространственных взаимодействий в точечных процессах нами использовалась парная корреляционная функция $g(r)$ (Stoyan, Penttinen, 2000). Классический анализ точечных процессов основан на проверке нулевой гипотезы о полной пространственной случайности (ППС). Проверку этой гипотезы проводили методом Монте-Карло, который заключается в оценке значимости отклонения эмпирического $\hat{g}(r)$ от теоретического $g(r)$ значения парной корреляционной функции (Wiegand, Moloney, 2004). Выход кривой функции $\hat{g}(r)$ за пределы верхнего доверительного интервала ($\hat{g}(r) > 1$) свидетельствует об агрегировании (скоплении, группировании) точечных процессов. Выход за пределы нижнего доверительного интервала ($\hat{g}(r) < 1$) говорит о регулярности (равномерности, упорядоченности) точечных процессов. Случайные точечные процессы (однородный процесс Пуассона) отмечаются тогда, когда значение $\hat{g}(r)$ находится в пределах области принятия гипотезы о ППС ($\hat{g}(r) = 1$).

Таблица 1

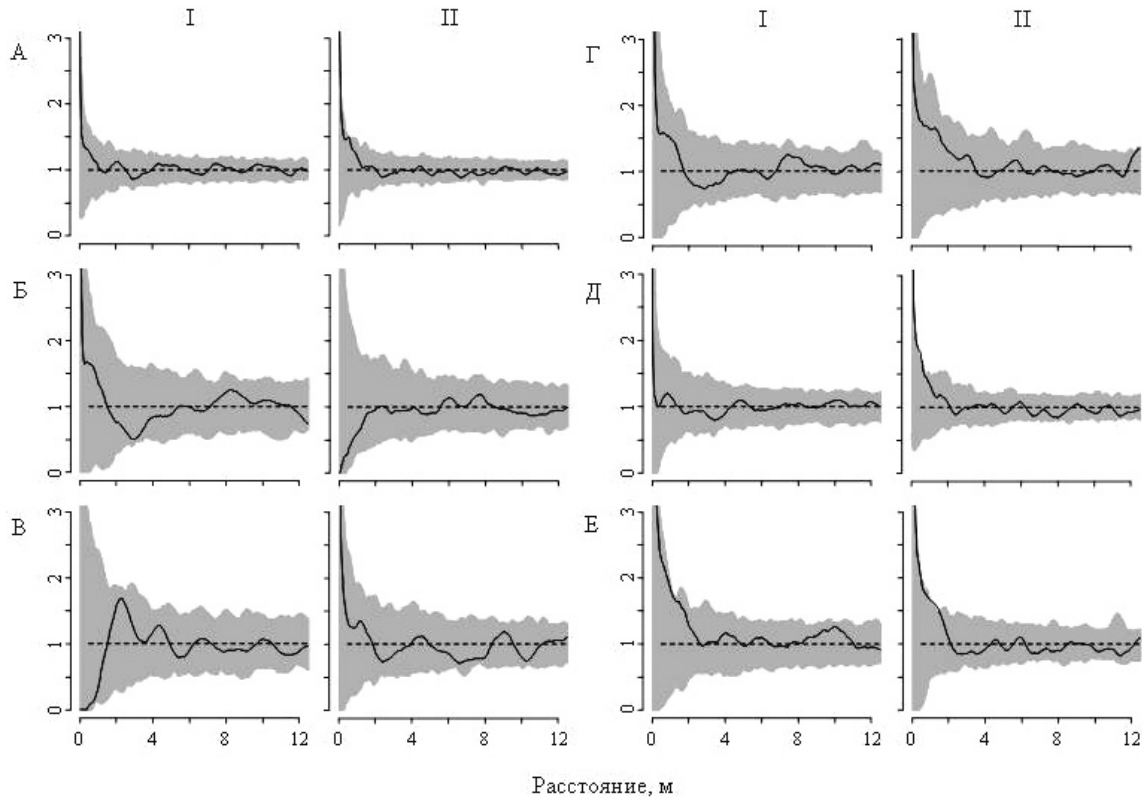
Таксационная характеристика древостоев ельников чернично-сфагновых

ПП	Состав	Порода	Возраст, лет	Густота, шт./га	Сумма площадей сечения, м ² /га	Запас древесины, м ³ /га	Средние	
							Высота, м	Диаметр, см
«Оселок»	7ЕЗБ ед.К	Ель	55–240	564	11.80	90.0	10	14
		Береза	60–175	396	7.08	47.0	12	14
		Кедр	80–105	8	0.04	0.3	9	9
		Всего		968	18.92	137.3		
«Щугор»	8ЕЗБ+К ед.Пх	Ель	105–190	460	15.40	106.9	10	14
		Береза	85–130	244	3.84	22.5	10	13
		Кедр	79–130	24	0.48	3.0	8	13
		Пихта	115–155	48	0.24	1.0	6	8
		Всего		776	19.96	133.4		

Таблица 2

Статистика рядов распределения деревьев по диаметру и подроста по высоте

Статистические показатели	ПП «Оселок»		ПП «Щугор»	
	Диаметр, см	Высота, м	Диаметр, см	Высота, м
Среднее значение (M)	13.9	1.5	13.8	1.4
Стандартная ошибка среднего значения (m_m)	0.5	0.1	0.4	0.1
Среднеквадратичное отклонение от среднего значения (y)	7.5	1.2	6.2	1.1
Точность опыта (p), %	3.5	4.5	2.7	5.0
Коэффициент вариации (CV), %	54.2	84.0	44.7	79.7
Асимметрия (A)	1.7	1.6	1.0	1.4
Экссесс (E)	4.0	2.4	0.8	2.5



Оценка эмпирической парной корреляционной функции $\hat{g}(r)$ (сплошная линия) и области принятия нулевой гипотезы о случайности размещения деревьев (серая область) разных категорий на площади.

По вертикали: I – ПП «Осело»; II – ПП «Щугор». По горизонтали: А – все, Б – крупные, В – средние, Г – мелкие, Д – хвойные, Е – лиственные.

Статистическая обработка пространственных данных проводилась в пакете spatstat в компьютерной программной среде R (<http://r-project.org>).

Сравнительный анализ строения древесного яруса исследуемых ельников показывает, что диаметры среднего дерева ($M \pm m_m$) в них имеют близкие значения. В обоих рассматриваемых древостоях отмечается большая изменчивость (CV) диаметров стволов растущих деревьев. В них преобладают деревья диаметром тоньше среднего ($A > 0$) (табл. 2).

Статистический анализ данных по горизонтальной структуре древостоев ельников чернично-сфагновых выявил, что размещение всех деревьев на площади носит случайный характер (см. рисунок 1А, 1А). В рассматриваемых древостоях отсутствуют пространственные зависимости в размещении деревьев крупной, средней и мелкой размерных категорий по отдельности (см. рисунок 1Б-Г, 1Б-Г). Структура размещения хвойных деревьев на площади также характеризуется пространственной однородностью (см. рисунок 1Д, 1Д). Однако на ПП «Щугор» отмечается слабое группирование хвойных деревьев на расстояниях < 1 м, что связано с присутствием в составе древостоя пихты, которая в исследуемом сообществе образует небольшие куртины из тонкомерных деревьев (см. ри-

сунк 1Д). Небольшое отклонение от пуассоновского процесса прослеживается в размещении лиственных деревьев на расстояниях < 1 м, причиной тому является их порослевое происхождение из корневых отпрысков, ведущее к скоплению особей (см. рисунок 1Е, 1Е).

Таким образом, анализ экспериментальных материалов подтвердил выдвинутую нами гипотезу о сравнимости горизонтальной структуры древостоев для коренных заболоченных ельников со схожей размерной структурой, что позволяет судить о близких условиях их формирования.

ЛИТЕРАТУРА

- Стороженко В.Г. Устойчивые лесные сообщества. Теория и эксперимент. Тула: Гриф и К, 2007. 192 с.
- Фардеева М.Б., Исламова Г.Р., Чижикова Н.А. Анализ пространственно-возрастной структуры растений на основе информационно-статистических подходов // Ученые записки казанского государственного университета. 2008. Т. 150. Кн. 4. С. 226–240.
- Цветков В.Ф. Лесной биогеоценоз. Архангельск: Солти, 2004. 267 с.
- Stoyan D., Penttinen A. Recent applications of point process methods in forestry statistics // Statistical science. 2000. V. 15. № 1. P. 61–78.
- Wiegand T., Moloney K.A. Rings, circles, and null-models for point pattern analysis in ecology // Oikos. 2004. V. 104. P. 209–229.

ЭМИССИЯ CO₂ С ПОВЕРХНОСТИ ПОЧВ В ПРОЦЕССЕ ПОСТАГРОГЕННОЙ СУКЦЕССИИ В УСЛОВИЯХ СРЕДНЕЙ ТАЙГИ РЕСПУБЛИКИ КОМИА.Ф. Осипов¹, И.А. Боков²¹ Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар² Сыктывкарский государственный университет им. Питирима Сорокина, г. Сыктывкар

E-mail: osipov@ib.komisc.ru

Россия занимает ведущее место в мире по выводу из обращения земель сельскохозяйственного назначения, которые преимущественно зарастают лесной растительностью (Люри и др., 2010). Следовательно, в этих экосистемах происходит коренная трансформация биогеохимических циклов элементов (Kurganova et al., 2014). Происходящие в настоящее время изменения климата требуют объективной оценки роли залежных земель в круговороте углерода. Особенно актуально дать характеристику этим процессам в разных природных зонах, так как вывод земель из аграрного использования происходил в России более 100 лет и затронул почти все регионы страны (Карелин и др., 2015).

Цель настоящего исследования – дать оценку эмиссии CO₂ с поверхности почв в процессе постагрогенной сукцессии и влияния на нее температуры и влажности почвы в условиях средней тайги Республики Коми.

Работы выполнены на территории Прилузского района Республики Коми. Объектами изучения послужили свежая залежь, выведенная из оборота около семи лет назад; вторичное лиственно-хвойное насаждение, развивающееся на заброшенной порядка 19 лет назад залежи; и ельник кисличный возрастом 85 лет, формирующийся на залежи, оставленной в 1930-х гг. Подробная характеристика растительности и почв приведена в работе (Dumov et al., 2018). Эмиссию CO₂ измеряли инфракрасным газоанализатором Li Cor 8100 с почвенной камерой 20 см, которая при измерении устанавливалась на пластиковые основания, врезанные в почву на глубину 5 см в четырехкратной повторности на каждом объекте. Методика измерений описана нами ранее (Осипов, 2015). Наблюдения проводились раз в месяц в течение вегетационных периодов 2016–2017 гг. Температуру почвы измеряли датчиком, входящим в комплектацию прибора. Влажность почвы оценивали весовым методом до глубины 15 см, которая затем переводилась в объемную влажность, используя данные по плотности верхних горизонтов почвы. Погодные условия охарактеризованы по данным метеостанции «Объячево», расположенной в 20 км от объектов исследования, используя функцию «Архив погоды» на сайте www.rp5.ru. Зависимость между потоком диоксида углерода и температурой/влажностью почвы охарактеризована при помощи экспоненциальных уравнений ($y = b \times e^{a \times T_{soil}}$). Регрессионный анализ выполнен при 95%-ном уровне значимости. Коэффициент Q₁₀ показывает изменение скорости эмиссии CO₂ при увеличении тем-

пературы на 10 °С. Он рассчитывался по формуле:

$$Q_{10} = \exp^{(10 \times a)},$$

где Q₁₀ – температурный коэффициент; а – коэффициент полученной ранее модели.

Скорость потока диоксида углерода с поверхности почвы свежей залежи в 2016 г. изменялась в пределах 4.4–5.2 г С–CO₂ м²/сут. со слабо выраженной сезонной динамикой. В 2017 г. интенсивность выделения была ниже (1.5–4.9 г С–CO₂ м²/сут.), с более высокими значениями в середине июля. Потери углерода в форме CO₂ с поверхности почвы вторичного лиственно-хвойного насаждения варьировали от 2.9 до 3.9 и от 1.1 до 2.7 г С–CO₂ м²/сут. в 2016 и 2017 гг. соответственно. Относительно высокие (3.4–6.5 г С–CO₂ м²/сут.) показатели дыхания почвы ельника кисличного отмечались в 2016 г., тогда как в течение вегетации 2017 г. они составили 1.5–3.4. Следует отметить, что залежи, покрытые лесной растительностью, в годы исследований демонстрировали сходные тенденции сезонной динамики выделения углекислого газа с естественными насаждениями, формирующимися на ненарушенных хозяйственной деятельностью почвах.

В течение вегетации 2016 г. во всех исследованных сообществах наблюдалась более высокая интенсивность почвенного дыхания, вызванная благоприятными погодными условиями. Так, устойчивый переход температуры воздуха (T_{air}) через 5 °С в сторону повышения в 2016 г. произошел 13 апреля, понижения – 5 октября, тогда как в 2017 г. – 17 мая и 29 сентября соответственно. Сумма среднесуточных T_{air} выше 5 °С в 2016 г. составила 2504°, в 2017 – 1792°, а сумма активных среднесуточных T_{air} выше 10 °С – соответственно 2043° и 1549°. По количеству осадков вегетационные периоды практически не отличались (449 мм – в 2016 г., 468 мм – в 2017 г.). Однако осадки в 2017 г. выпадали более интенсивно, что выразилось в большем количестве дней (34 дня против 24 дней) с суммарным поступлением атмосферной влаги более 5 мм в сутки.

Температура и влажность почвы являются наиболее значимыми абиотическими факторами, определяющими эмиссию CO₂ из почв. Нами установлена тесная положительная взаимосвязь (R = 0.81–0.96) между потоком диоксида углерода с поверхности почв залежей разных лет и ее температурой на глубине 10 см. Температурный коэффициент Q₁₀ изменялся от 2.49 до 3.02 и был выше в ельнике кисличном, формирующемся на 85-летней залежи. В про-

веденном нами ранее обзоре литературы (Осипов, 2015) отмечено, что влияние влажности почвы (M_{soil}) на дыхание почвы лесных экосистем неоднозначно, а в условиях переувлажнения взаимосвязи не выявлено. Анализ данных влажности дернины/подстилки, почвы на глубинах 5–10 и 10–15 см показал отрицательную, статистически достоверную взаимосвязь между влажностью этих горизонтов и потоком CO_2 с поверхности почв залежей. Теснота связи эмиссии диоксида углерода и M_{soil} на свежей залежи и ельнике кислочном снижается с глубиной от 0.72 до 0.39 и от 0.72 до 0.62 соответственно. Во вторичном лиственном-хвойном насаждении на 19-летней залежи более высокий (0.67) коэффициент корреляции между этими показателями отмечен для глубины 5–10 см, низкий (0.58) – для лесной подстилки. В исследованных сообществах на залежах наблюдается статистически достоверная взаимосвязь совместного действия температуры и влажности почвы на вынос углекислого газа с поверхности почв, с более тесной (0.92–0.93) корреляцией на свежей залежи и в ельнике кислочном. В лиственном-хвойном насаждении на 19-летней залежи корреляция ниже и составляет 0.78.

Мы считаем, что более низкая теснота связи эмиссии CO_2 из почвы с ее гидротермическими характеристиками в лиственном-хвойном насаждении на 19-летней залежи связана с тем, что данное сообщество находится в стадии интенсивного формирования фитоценоза, когда

в нем тяжело выявить действие конкретного фактора. В достаточно густом насаждении идет дифференциация деревьев по состоянию. Параллельно с этими процессами на данной стадии сукцессии в почве уменьшается содержание углерода и происходит перераспределение роли формирующих его фракций (Карелин и др., 2015). В это же время свежая залежь и ельник кислочный на 85-летней залежи находятся в стадии относительного гомеостаза.

ЛИТЕРАТУРА

Изменение почвенной эмиссии диоксида углерода в ходе постагрогенной сукцессии в черноземной лесостепи / Д.В. Карелин, Д.И. Люри, С.В. Горячкин, В.Н. Лунин, А.В. Кудиков // Почвоведение. 2015. № 11. С. 1354–1366.

Динамика сельскохозяйственных земель России в XX веке и постагрогенное восстановление растительности и почв / Д.И. Люри, С.В. Горячкин, Н.А. Караваева, Е.А. Денисенко, Т.Г. Нефедова. М.: ГЕОС, 2010. 426 с.

Осипов А.Ф. Эмиссия диоксида углерода с поверхности почвы спелого сосняка черничного в средней тайге Республики Коми // Лесоведение. 2015. № 5. С. 256 – 366.

Dymov A.A., Dubrovskiy Y. A., Startsev V.V. Postagrogenic development of Retisols in the middle taiga subzone of European Russia (Komi Republic) // Land Degradation and Development. 2018. P. 1–11.

Kurganova I., Lopes de Gerenyu V., Six J., Kuzya-kov Y. Carbon cost of collective farming collapse in Russia // Global Change Biology. 2014. V. 20. P. 938–947.

УГЛЕРОД ФИТОМАССЫ И КРУПНЫХ ДРЕВЕСНЫХ ОСТАТКОВ КОРЕННОГО ЕЛЬНИКА И ПРОИЗВОДНЫХ ЛИСТВЕННО-ХВОЙНЫХ НАСАЖДЕНИЙ ПОСЛЕ СПЛОШНОЛЕСОСЕЧНОЙ РУБКИ

А.Ф. Осипов, А.А. Дымов

Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар

E-mail: osipov@ib.komisc.ru

Вырубка лесов приводит к существенной трансформации биогеохимических циклов элементов (Grand et al., 2014). В условиях изменяющегося климата и попыток смягчить его последствия путем интенсификации лесного хозяйства особый интерес представляет изменение цикла углерода под воздействием промышленных рубок (Hedwall et al., 2013). В настоящее время в лесах Республики Коми рубками ежегодно проходится около 40–60 тыс. га, большая часть которых приходится на ельники (Государственный доклад..., 2016). Послерубочная сукцессия растительных сообществ для данной территории достаточно хорошо изучена (Ильчуков, 2003 и др). Однако недостаточно сведений, характеризующих изменение цикла углерода в результате вырубки. Поэтому комплексные исследования, объединяющие сведения о смене растительных сообществ и динамике пулов и потоков органического вещества, представляют интерес как для научного сообщества, так и практиков лесного хозяйства.

Цель данной работы – оценить запасы углерода в фитомассе и крупных древесных остатках в коренном ельнике и производных лиственном-хвойных насаждениях на типичных подзолистых почвах, формирующихся после сплошнолесосечной рубки.

Исследования выполнены в Усть-Куломском районе Республики Коми. Объекты изучения: коренной ельник черничный, пятилетнее лиственно-хвойное насаждение, формирующееся после вырубки ельника черничного, и 35-летний березняк разнотравный, возникший после сплошнолесосечной вырубки. На объектах заложено по три-четыре круговых пробных площади размером 300 м² каждая, на которых проведен сплошной пересчет. Таксационная обработка выполнена стандартными методами. Запасы фитомассы в древостоях определяли по регрессионным уравнениям, опубликованным ранее (Бобкова и др., 2014). Массу подростка и подлеска оценивали методом модельных деревьев, а растений напочвенного покрова – мето-

дом укосов. Под крупными древесными остатками (КДО) мы понимали сухостойные и упавшие деревья диаметром более 6 см, деревья со сломанными верхушками, пни. На вырубке также были учтены порубочные остатки. Запасы органического вещества в этом компоненте определяли по объему древесины и данным базисной плотности гниющей древесины, опубликованным нами ранее (Бобкова и др., 2015). Пересчет запасов органического вещества фитомассы и КДО на углерод проводили с использованием коэффициента 0.5.

Коренной ельник черничный IV класса бонитета характеризуется сложным по составу (6Е4Пх+Б) древесным ярусом и численностью деревьев 825 экз. га⁻¹. Запасы древесины растущих деревьев в нем – 236 м³ га⁻¹. Сухостойные деревья (66 экз. га⁻¹) объемом древесины 15 м³га⁻¹ представлены елью и пихтой. Подрост, произрастающий группами, имеет состав 71Е22Пх7Б. Его густота – 2.6 тыс. экз. га⁻¹, из них 88% растущего подроста. Подлесок состоит из *Sorbus aucuparia* L., единично встречаются *Rosa acicularis* Lindl, *Lonicera pallustris* Ledeb. Травяно-кустарничковый ярус с проективным покрытием около 50% имеет простое синузальное строение. Моховой покров с проективным покрытием 80–85% образован зелеными мхами, а в микропонижениях отмечены сфагновые мхи.

Вырубка ельника черничного. Фитоценоз развивается после сплошнолесосечной рубки, проведенной в зимний период 2001–2002 гг. До рубки был смешанный древостой составом 7Е2Б1Пх, разновозрастный с запасом древесины 258 м³ га⁻¹, IV класса бонитета, полнотой 0.7. Под пологом развивался подрост достаточного количества. Заготовка древесины сортиментная с использованием пары «харвестер» – «форвардер». Сохранились тонкомерные деревья ели (33 экз. га⁻¹) и пихты (67 экз. га⁻¹) с объемом древесины 6.2 м³ га⁻¹. На вырубке происходит интенсивное восстановление лесной растительности, основу которой составляет подрост ели предварительной генерации. Состав формирующегося молодняка – 45Е45Б10Пх. Количество елового подроста – 2.2 тыс. экз. га⁻¹, из них здоровых перспективных – 71%. Отмечается появление большого количества подлесочно-

го древесного растения – рябины (3.5 тыс. экз. га⁻¹). Она вегетативного происхождения, развивается от сохранившихся в процессе рубки деревьев, ее средняя высота – 1.2 м. Из подлесочных пород единично встречаются ива и малина. В травяно-кустарничковом ярусе преобладают травы (*Equisetum sylvaticum* L., *Luzula pilosa* (L.) Wild, *Chamaenerion angustifolium* (L.) Scop и др.), из кустарничков – *Vaccinium vitis idaea* L. Моховой покров преимущественно сформирован зелеными мхами (*Pleurozium schreberi* (Brid) Mitt., *Hylocomium splendens* (Hedw.) Br., Sch. et Gmb., *Dicranum polysetum* (Mich.) Sw).

Березняк разнотравный представляет собой одну из промежуточных стадий формирования ельника черничного после рубки. Исходный древостой составом 7Е2Б1Пх и запасом древесины 260 м³ га⁻¹ имел полноту 0.7 и IV класс бонитета. Сплошнолесосечная рубка была проведена зимой 1969–1970 гг. Вывозка древесины – хлыстовая. В настоящее время древостой березняка образуют *Betula pubescens*, *Picea obovata*, *Abies sibirica*, *Populus tremula*. Его состав 7Б2Е1Пх ед Ос с запасом древесины 187 м³ га⁻¹, сумма площадей сечений равна 29 м² га⁻¹, класс бонитета – II. Береза послерубочного происхождения. Редкие сухостойные деревья (22 экз. га⁻¹) представлены пихтой и березой. Рябина (2.1 тыс. экз. га⁻¹) и ива (20) образуют подлесок. Подрост густотой около 5 тыс. экз. га⁻¹ имеет состав 68Е9Пх23Б. Ель и пихта в основном здоровые, последующего (послерубочного) происхождения мелкой и средней крупности. Значительная часть их произрастает на трелевочных волоках. Травяно-кустарничковый ярус с проективным покрытием около 40% состоит в основном из травянистых растений. Мохово-лишайниковый покров имеет проективное покрытие 30% и образован зелеными мхами.

В процессе послерубочной восстановительной сукцессии ельника черничного наблюдается постепенное увеличение запасов органического вещества и углерода в насаждениях (см. таблицу), соответственно, изменяется роль отдельных компонентов. Так, в фитомассе коренного ельника и 36-летнего березняка большая часть углерода содержится в древостоях. В этих сообществах достаточно значим (6%)

вклад подлеска. Участие подроста на начальных стадиях восстановительной сукцессии незначительно (2%) и снижается практически до нуля в коренном ельнике черничном. Доля растения напочвенного покрова выше в сообществе на четырехлетней вырубке. С усилением средообразующей роли древостоя, перехватывающего большую часть солнечной радиации, в процессе сукцессии их

Запасы углерода в основных компонентах фитомассы и крупных древесных остатках, т/га

Компонент \ Сообщество	Ельник черничный	Пятилетнее лиственно-хвойное насаждение	Березняк разнотравный
Древостой	79.33±10.37	2.51±0.36	51.42±11.65
Подрост	0.49	0.30	0.99
Подлесок	5.55	0.26	3.26
НП	0.75±0.12	1.42±0.23	0.26±0.05
КДО	12.89	13.79	0.55
Итого	99.01	18.28	56.48

значение в общей массе углерода уменьшается. Древесина КДО формирует 75% запасов углерода на четырехлетней вырубке ельника черничного. По мере деструкции и восстановления древостоя ее роль постепенно снижается и достигает 1% в 36-летнем березняке разнотравном. С развитием насаждения происходит постепенное накопление КДО, участие которых в старовозрастном ельнике составляет 13%.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке Комплексной программы УрО РАН № 18-4-4-29 «Зональные закономерности бюджета углерода в листовечно-хвойных экосистемах европейского Северо-Востока».

ЛИТЕРАТУРА

Бобкова К.С., Машика А.В., Смагин А.В. Динамика содержания органического вещества в средне-таежных ельниках на автоморфных почвах. СПб.: Наука, 2014. 270 с.

Бобкова К.С., Кузнецов М.А., Осипов А.Ф. Запасы крупных древесных остатков в ельниках средней тайги европейского Северо-Востока // ИВУЗ «Лесной журнал». 2015. № 2. С. 9–20.

Государственный доклад «О состоянии окружающей среды Республики Коми в 2015 году» // Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Коми, ГБУ РК «ТФИ РК». Сыктывкар, 2016. 173 с.

Ильчуков С.В. Динамика структуры лесного покрова на сплошных вырубках (подзона средней тайги, Республика Коми). Екатеринбург: УрО РАН, 2003. 120 с.

Grand S., Hudson R., Lavkulich L.M. Effects of forest harvest on soil nutrients and labile ions in Podzols of southwestern Canada: Mean and dispersion effects // Catena. 2014. V. 122. P. 18–26.

Hedwall P.-O., Grip H., Linder S., Lövdahl L., Nilsson U., Bergh J. Effect of clear-cutting and slash removal on soil water chemistry and forest-floor vegetation in nutrient optimized Norway spruce stand // Silva Fennica. 2013. V. 47. No 2. article id 933. 16 p.

ИЗМЕНЕНИЕ БАКТЕРИАЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ В ПОДЗОЛИСТОЙ ТЕКСТУРНО-ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОЙ ОСТАТОЧНО-КАРБОНАТНОЙ ПОЧВЕ ПОД ВЛИЯНИЕМ АГРОГЕННОГО И ПОСТАГРОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

Е.М. Перминова¹, Э.А. Генрих², В.А. Ковалева¹

¹ Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар

² Сыктывкарский государственный университет им. Питирима Сорокина, г. Сыктывкар

E-mail: perminova@ib.komisc.ru

К настоящему времени в России из сельскохозяйственного оборота выведено от 30 до 40 млн. га пашни (Динамика сельскохозяйственных..., 2010). Эти участки пахотных угодий находятся на различных стадиях восстановления растительного покрова, характерного для соответствующей биоклиматической зоны. Комплекс показателей качества некогда заброшенных земель важен при экономической оценке возможности их дальнейшего использования. Один из таких показателей – пул почвенных микроорганизмов. Совокупность и соотношение микроорганизмов способны отразить состояние и особенности функционирования почвенной системы, так как именно микроорганизмы являются наиболее динамичным компонентом почв.

Цель исследования – оценить закономерности изменения численности и биомассы почвенных микроорганизмов в почвах пахотных угодий, находящихся на различной стадии постагрогенной сукцессии.

Работа проводилась на территории МО «Сыктывдинский район» (Республика Коми, подзона средней тайги). В качестве объектов выбраны участки коренного ельника зеленомошного, пахотной залежи, представленной многолетними травянистыми растениями, где ведется периодическое сенокошение, и березово-осиновое молодняк. Участки залежей были выведены из агрохозяйственного использования около 20 лет назад, тем не менее, в почвенном профиле обоих участков хорошо диагностируется

бывший пахотный горизонт. Почвы – подзолистые текстурно-дифференцированные. Специфической особенностью рассмотренных почв является их формирование на карбонатных моренных суглинках. Обломки карбонатов в профилях всех рассмотренных почв встречаются на глубине 40–50 см и ниже. С глубины 80–90 см они представлены крупными выветренными обломками. Отбор проб почв проводили в июне 2016 г.

В процессе исследования определяли состав и численность почвенных микроорганизмов. Общее количество микроорганизмов (бактерий, микроскопических грибов и их спор) определяли с помощью метода люминесцентной микроскопии. Препараты для подсчета бактерий окрашивали акридином оранжевым, для учета спор и мицелия грибов – калькофлуором белым (Широких и др., 2001; Полянская и др., 2012).

Наибольшей численностью микроорганизмов на всех рассмотренных участках характеризуются верхние органогенные горизонты почв. Численность бактерий в горизонте лесной подстилки елового леса составила 1.25 ± 0.5 млрд. кл./г а.с.п., в верхнем горизонте почвы луга (0–5 см) – 13.20 ± 2.15 , в лесной подстилке почвы молодого березово-осинового леса – 0.25 ± 0.06 .

Максимальная длина грибного мицелия выявлена в подстилке почвы елового леса. В среднем она составила 3413.4 м/г а.с.п. В почве молодого листовечно-хвойного сообщества она на порядок ниже, а в почве луга – на два поряд-

ка, что составляет 455.8 и 23.6 м/г а.с.п. соответственно.

Максимальная величина микробной биомассы – 10030.7 мкг/г а.с.п. – также отмечена в почве елового леса. В почве осиново-березового леса она характеризуется величиной 2250.1 мкг/г а.с.п., в почве луга – 827.5. Значительное снижение микробной биомассы в некогда окультуренных почвах связано уменьшением биомассы грибного мицелия, что не раз отмечалось в литературных данных (Полянская, Звягинцев, 2005).

Основной вклад в общую биомассу микроорганизмов вносят эукариоты. Доля прокариотических клеток составляет от 0.1% в минеральной части почвы всех трех участков до 31.9% в верхнем дерновом горизонте лугового сообщества, в лесных подстилках этот показатель равен 0.2%.

В почвах лесных сообществ в морфологической структуре микроскопических грибов основную роль играет грибной мицелий (86.2–95.3%). Разница в содержании количества спор в почвах исследуемых участков в абсолютных величинах невелика. Долевое участие спор грибов в общей структуре микробной биомассы почв луговой залежи в верхних горизонтах почвы достигает значения 56.9%, тогда как в органогенных горизонтах почв коренного ельника этот показатель варьирует в пределах 4.6–9.5%. В органогенном горизонте почвы луга повышается вклад спор грибов (56.9%). Показатель, который характеризует почвы, находящиеся в сельскохозяйственном использовании, – это отношение биомассы спор к биомассе микромицетов (Полянская, 2012). В верхних органогенных горизонтах почв участков коренного леса, луговой залежи и березово-осинового молодняка этот показатель равен 0.08, 5.1 и 0.2 соответственно, что в очередной раз подтверж-

дает ухудшение условий для развития микроскопических грибов в процессе агрохозяйственного использования земель и медленное восстановление микромицетного комплекса в процессе постагрогенной сукцессии.

Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о перераспределении содержания различных групп микроорганизмов в почвах в процессе постагрогенного развития растительных сообществ. При переходе от луговой стадии залежи к формированию древесного полога увеличивается доля грибного мицелия и значительно снижается вклад в структуру микробной биомассы прокариот.

Работа выполнена при финансовой поддержке проекта УрО РАН № 18-8-49-17 «Продуктивность сельскохозяйственных культур и ее связь с особенностями трансформации и стабилизации почвенного органического вещества в пахотных угодьях европейского Северо-Востока (на примере средней тайги Республики Коми)».

ЛИТЕРАТУРА

Динамика сельскохозяйственных земель России в XX веке и постагрогенное восстановление растительности и почв / Д.И. Люри, С.В. Горячкин, Н.А. Караваева, Е.А. Денисенко, Т.Г. Нефедова. М.: ГЕОС, 2010. 412 с.

Полянская Л.М., Звягинцев Д.Г. Содержание и структура микробной биомассы как показатель экологического состояния почв // Почвоведение. 2005. № 6. С. 706–714.

Полянская Л.М., Суханова Н.И., Чакмазян К.В., Звягинцев Д.Г. Особенности изменения структуры микробной биомассы почв в условиях залежи // Почвоведение. 2012. № 7. С. 792–798.

Широких А.А., Широких И.Г., Полянская Л.М. Профильное распределение численности и биомассы микроорганизмов в дерново-подзолистых почвах Кировской области // Почвоведение. 2001. № 7. С. 845–851.

ВКЛАД ФУНКЦИОНАЛЬНОГО РАЗНООБРАЗИЯ РАСТЕНИЙ В ЧИСТУЮ ПЕРВИЧНУЮ ПРОДУКЦИЮ СООБЩЕСТВА

И.С. Сауткин, Л.Р. Миргалиева

Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань

E-mail: sautkin.ilja@gmail.com

Биологическое разнообразие можно рассмотреть в трех различных аспектах: таксономическом, филогенетическом и функциональном. Исследование посвящено последнему из этих аспектов – функциональному. Понимание этих функций, то, как они контролируются и каким образом они организованы в сообществах и экосистемах является важной задачей.

В современных исследованиях, посвященных функциональному разнообразию, основное внимание уделяется растениям, поскольку они играют важную роль в экосистемных процессах – участвуя в преобразовании косного вещества в живое. Следовательно, их функцио-

нирование во многом определяет количество и качество среды обитания и субстратов, используемых другими организмами, а также играет важную роль в контроле атмосферного состава Земли и климата.

Характеристики, используемые для описания растений с точки зрения функционального разнообразия, называются «функциональными признаками». Эти признаки, связанные с функционированием организмов, позволяют понять, как взаимодействуют между собой организмы и компоненты окружающей среды, а также описывают связи между различными уровнями организации экологических систем.

Таблица 1

Данные по эколого-ценотическому составу и биомассе лугов

Показатель	Зарастающий луг	Сенокосный луг	Пастбищный луг
Общее число видов	31	34	27
Доля луговых видов, %	42	73.5	63
Доля лесных видов, %	26	0	0
Доля лесолуговых видов, %	29	23.5	15
Доля рудеральных видов, %	3	3	22
Биомасса, г/м ²	1035	597	166
Биомасса злаков, г/м ²	262	233	42
Биомасса разнотравья, г/м ²	223	92	45
Биомасса бобовых, г/м ²	1	0.5	20

Установлено, что функциональные признаки являются ключевым механизмом, с помощью которого отдельные виды и группы видов влияют на свойства экосистем (Lavorel, 2002; Diaz, 2004). От того, как распределяются эти свойства и какие организмы или группы организмов их контролируют, зависит способность экосистем предоставлять услуги людям, обеспечивая решение производственных или социальных прикладных задач. Знание о разнообразии функциональных признаков в биотических сообществах может в значительной степени улучшить оценку и управление экосистемными услугами.

Известно, что такие функциональные признаки, как анатомо-морфологические характеристики листьев, отражают прямое воздействие на первичную продукцию экосистем и некоторых ее компонентов. В исследованиях было установлено, что на эффективность продукции наземной биомассы напрямую влияет удельная площадь листовой поверхности (specific leaf area, SLA) (Garnier, 2004). Значение SLA рассчитывается как соотношение функциональных признаков: площади листовой поверхности (leaf area, LA) к массе листовой пластинки.

Оценка экосистемных услуг лесных и луговых сообществ с позиций их видового богатства и функционального разнообразия проводилась на территории Раифского участка ВКГПБЗ и в пригородной зоне Казани в Западно-Казанском террасово-долинном ландшафтном районе сосновых лесов. Исследование луговых экосистем проведено на сенокосном лугу (Грузинская балка), пастбищном лугу (Ильинская балка) и в 77 кв. заповедника на зарастающем лугу, в прошлом интенсивно выкашиваемом. На каждой пробной площади размером 100 м² были выполнены геоботанические описания, проведен учет проективного покрытия и взяты пробы биомассы с раункиеровских площадок.

Для исследования выбраны следующие функциональные признаки: площадь листовой поверхности, масса листовой пластинки, удельная площадь листовой поверхности, эколого-ценотическая характеристика вида. Особое вни-

мание в составе сообщества уделено бобовым растениям, выполняющим азотфиксирующую функцию, и видам семейства злаковых, доминирующим в травостое. Биомасса была разделена по фракциям (вид или группа видов), высушена и взвешена. Для измерения площади и массы с каждой площадки отбиралось по 10 листьев наиболее обильных видов растений. После высушивания у листьев измеряли площадь с помощью программы Leaf Area Measurement v 1.3 и массу.

В табл. 1 приводится структура эколого-ценотического состава исследуемых лугов, а также данные по биомассе.

Во всех рассмотренных сообществах характерной доминирующей группой являются злаки, представленные следующими видами: *Dactylis glomerata*, *Festuca pratensis*, *Deschampsia cespitosa*, *Bromopsis inermis*, *Poa angustifolia*, *Phleum pratensis*, *Anthoxanthum odoratum*, *Agrostis tenuis*. Помимо злаков высоким обилием отличались следующие виды: на зарастающем лугу – *Geum rivale* (232 г/м²) и *Geranium pratense* (172), на сенокосном лугу – *Alchemilla* sp. (133), на пастбищном лугу – бобовые: *Trifolium repens* и *T. pratense*. В табл. 2 приводятся виды и их функциональные признаки, оказывающие прямое воздействие на первичную продукцию.

Наибольший вклад в продуктивность оказывает не столько один признак, сколько их сочетание, например, LA и проективное покрытие вида. Также на продуктивность сильно влияют конкурентные отношения в сообществах и

Таблица 2

Функциональные признаки луговых видов на зарастающем (1), сенокосном (2) и пастбищном (3) лугах

Вид	Проективное покрытие, %			Масса листа, г			LA, см ²			SLA, см ² /г			SLA, см ² /г (Уткин, 2008)
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
<i>Alchemilla</i> sp.	22	49		0.28	0.26		61	36		214	130		180 - 333
<i>Geum rivale</i>	41	2		0.30	0.30		62	43		207	143		150 - 291
<i>Dactylis glomerata</i>	14	17		0.08	0.13		11	16		143	121		163 - 258
<i>Festuca pratensis</i>	3	5		0.10	0.03		15	4		145	163		154
<i>Deschampsia cespitosa</i>	3	4		0.08	0.06		8	6		102	108		110 - 234
<i>Centaurea jacea</i>		13	2		0.05	0.03		7	4		137	145	119 - 303
<i>Plantago media</i>		0.1	9		0.16	0.04		27	7		171	172	–

интенсивность антропогенной нагрузки. Для повышения точности оценки могут быть использованы и другие признаки, например, семенная продуктивность, высота растений, продолжительность жизненного цикла, жизненная форма. На основе функциональных признаков можно оценить все группы экосистемных услуг: обеспечивающие, регулирующие, культурные и поддерживающие (Garnier, 2016).

ЛИТЕРАТУРА

Diaz S. et al. The plant traits that drive ecosystems: evidence from three continents // Journal of vegetation science. 2004. V. 15. №. 3. P. 295–304.

Garnier E. et al. Plant functional markers capture ecosystem properties during secondary succession // Ecology. 2004. V. 85. №. 9. P. 2630–2637.

Garnier E. et al. Plant functional diversity: Organism traits, community structure, and ecosystem properties. Oxford University Press, 2016. P. 232.

Lavorel S. et al. Predicting changes in community composition and ecosystem functioning from plant traits: revisiting the Holy Grail // Functional ecology. 2002. V. 16. №. 5. P. 545–556.

Уткин А.И., Ермолова Л.С., Уткина И.А. Площадь поверхности лесных растений. М.: Наука, 2008. С. 292.

НАКОПЛЕНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В БУГРИСТЫХ БОЛОТАХ КРАЙНЕСЕВЕРНОЙ ТАЙГИ РЕСПУБЛИКИ КОМИ

В.А. Спиридонова¹, Р.С. Василевич²

¹ Сыктывкарский государственный университет им. Питирима Сорокина, г. Сыктывкар

² Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар

E-mail: vasilevich.r.s@ib.komisc.ru

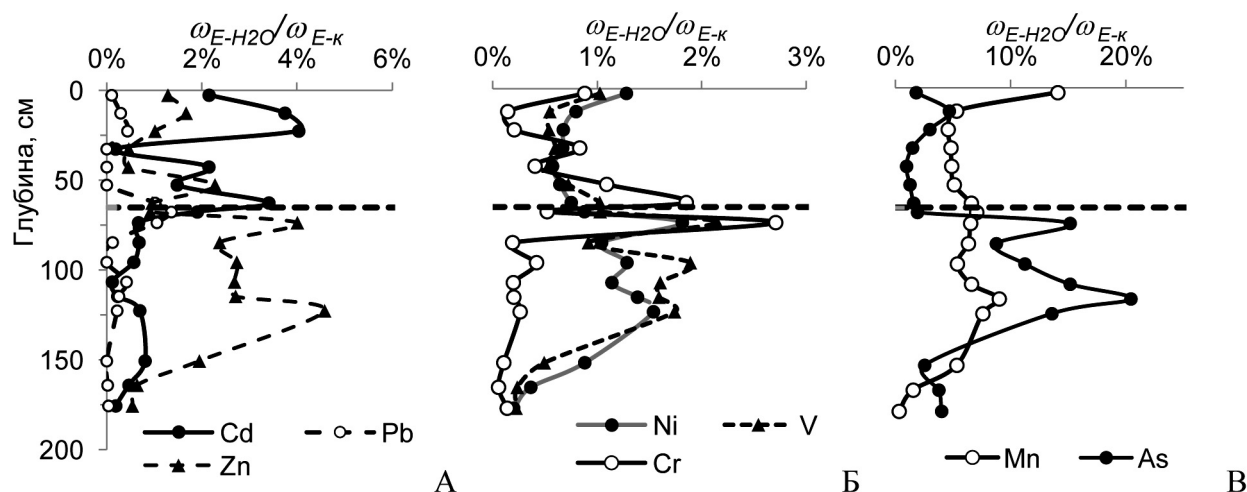
В глобальном смысле болотные экосистемы служат аналогом «легких» для биосферы, особенно для урбанизированных территорий, очищая атмосферу. Высокая сорбционная способность торфа позволяет удерживать вещества, выпадающие из атмосферы, что дает возможность реконструкции геохимического фона микроэлементов атмосферного аэрозоля в различные временные периоды в горизонтах торфяных почв. Современная антропогенная деятельность характеризуется интенсивной эмиссией и рассеиванием тяжелых металлов в атмосфере, что приводит к их накоплению в верхних слоях торфа.

Район изучения расположен в крайнесеверной тайге Республики Коми (бассейны рек Большая Инта и Черная), на территории распространения редко-островной многолетней мерзлоты. Исследования проведены на сухоторфяных мерзлотных почвах бугров (разрезы 2015-7, 2015-5) и почвах оголенных торфяных пятен (разрезы 2015-6, 2015-4). Разрезы 2015-4, 2015-5 отобраны в 6 км от г. Инты с целью оценки уровня аэротехногенного воздействия от локальных источников (Интинская ТЭЦ).

Профильное распределение Hg, Pb, Cd в верхней части профиля имеет регрессивно-аккумулятивный тип накопления, отражая уровень аэротехногенного загрязнения в результате антропогенеза. Высокое химическое сродство данных элементов с ГК обуславливает их интенсивную аккумуляцию в приповерхностных торфяных горизонтах. На основании факторного анализа показано, что первый положительный фактор выборки для СТС образуют Hg, Pb, Cd, Zn, вероятно, связанный с поступлением элементов в результате дальнего атмосферного переноса; первый отрицательный фактор – Cu, Ni, Co, Al, Cr, V, органический углерод, $pH_{вод.}$, $pH_{сол.}$ – свидетельствующие о терригенном и локальном ис-

точниках поступления элементов второй группы. Второй фактор образуют Fe, S, Ca, Sr, As, ГК, связанный с биогенным накоплением элементов. Выявлена значимая взаимосвязь содержания вересковых кустарничков в составе торфа СТС с массовой долей Pb, Cd, Zn ($r = 0.65–0.50$, $r_{5\%} = 0.43$, $n = 21$), мхов с Pb, Cd, Zn, Mg, K, Na ($r = 0.85–0.65$). Во второй группе выделяются роды растений, относящиеся к зеленым мхам ($r = 0.46–0.66$), и сфагновые мхи, имеющие максимальное сродство к Hg, Cd, Pb, Zn ($r = 0.49–0.97$). Осоки и травянистые растения связаны статистически с Cu, Ni, Co, Al, Cr, Ba, V ($r = 0.49–0.85$). Кустарники рода *Salix* связаны с V, Mn ($r = 0.50–0.58$), Fe, Cr – с *Betula pubescens* ($r = 0.56–0.61$). Значимые коэффициенты корреляции содержания Cd ($r = 0.71$), Zn ($r = 0.64$), Mn ($r = 0.52$) и щелочных и щелочноземельных элементов K ($r = 0.54$), Na ($r = 0.65$), Mg ($r = 0.70$) с массовой долей ФК свидетельствует о их химической связи с лабильной фракцией высокомолекулярных ГВ.

Фракционный состав ТМ в почвах характеризуется увеличением доли менее прочно связанных фракций по мере усиления техногенной нагрузки (Ладонин, 2016). Это положение подтверждается достаточно высокой долей водорастворимой фракции ТМ в приповерхностной части исследованных почв (особенно Mn, As, Cd). По увеличению относительной доли водорастворимой фракции как несколько выше, так и ниже границы ММП можно судить о смыкании на ней двух независимых процессов: нисходящей миграции элементов с почвенными растворами вниз по профилю (современный процесс) и восходящей биогенной миграции элементов, происходящей по мере накопления торфяной толщи и прекратившейся 2000–2500 кал. л.н. после образования многолетней мерзлоты (см. рисунок). В СТС обнаруживает-



Доля водорастворимых форм элементов Cd, Pb, Zn, As (А) Ni, Cr, V (Б), Mn, As (В) по отношению к кислоторастворимым формам.

ся статистическая взаимосвязь общего органического углерода (ТОС) с содержанием щелочных и щелочноземельных элементов ($r = 0.71-0.97$) и Cd, Zn, As, Pb ($r = 0.60-0.99$) в водной вытяжке. Это свидетельствует о миграции элементов в составе лабильного почвенного органического вещества, образующегося при разложении растительных остатков в кислых условиях акротельма.

В составе ММП основными сорбционными геохимическими барьерами выступают алюможелезистые комплексы. По результатам факторного анализа в первый фактор выборки для ММП входят большинство элементов (кроме Pb, Zn) с наибольшими показателями для Fe, также $pH_{\text{сол.}}$, общий углерод и виды и роды растений: *Carex cespitosa*, *Carex limosa*, *Equisetum*, *Scheuchzeria*. Наблюдается высокая достоверная взаимосвязь Fe и Al с элементами сидерофилами: Ni, Cr, Mn, Co, V ($r = 0.76-0.96$, $r_{cr} = 0.23$, $n = 43$, $P = 0.95$). Другие ТМ также взаимосвязаны с Al и Fe: Cu, Pb, Hg, Cd, As ($r = 0.53-0.87$). Достоверная корреляция серы с халькофильными элементами Hg, Cd, Cu, As, Pb ($r = 0.61-0.66$), другими элементами Fe, Mn, Co, Ni ($r = 0.47-0.67$) свидетельствует об образовании сульфидов и приуроченности в качестве примеси к структурам пирита. Биогенный фактор накопления элементов имеет ключевое значение на раннем этапе формирования торфяника в эвтрофных условиях. Характер накопления в нижней части профиля обусловлен составом грунтовых вод почвообразующей породы и специфической аккумуляцией минеральных компонентов «биологическими насосами». Так же, как и для описанных ранее торфяников лесотундры (Спиридонова, Василевич, 2017), к таким «насосам», вероятно, относятся определенные виды растений: *Carex cespitosa* ($r = 0.48-0.77$, $r_{cr} = 0.29$, $n = 43$, $P = 0.95$) и *Equisetum* ($r = 0.32-0.77$), имеющие

значимую статистическую взаимосвязь со всеми без исключения элементами в многолетнемерзлой толще торфа бугристых болот крайнесеверной тайги.

Анализ содержания микроэлементов в разрезах 2015-4, 2015-5 показывает достаточно высокий вклад техногенных источников эмиссии (Интинская ТЭЦ, предприятия угольной отрасли и др.) на содержание элементов в поверхностном слое торфа. Сопоставление данных по содержанию ТМ в верхних горизонтах по сравнению с фоновыми аналогами показало кратность превышения следующих элементов: Hg – в 1.2 раза, Pb – в 2.0, Cd – в 1.6, Ni – в 1.8, Co – в 2.1, Cu – в 3.1, Cr – в 3.7, V – в 3.3, Fe – в 4.6, Ba – в 1.6, As – в 1.2 раза. Наиболее сильный вклад в загрязнение поверхностных горизонтов вносят элементы-сидерофилы, являющиеся маркерами сжигания угля ТЭЦ. Наложение графиков профильного распределения элементов для четырех указанных разрезов показывает меньшие уровни накопления ТМ в эвтрофной части профиля разрезов 2015-4, 2015-5. Анализ ботанического состава данных разрезов показал значительно меньшую долю видов, относимых к мощным биологическим концентраторам, а именно *Equisetum*, и полное отсутствие в составе палеорастительности *Carex cespitosa*. Это косвенно подтверждает гипотезу отнесения данных родов и видов растений к «биологическим насосам».

ЛИТЕРАТУРА

- Ладонин Д.В. Формы соединений тяжелых металлов в техногенно-загрязненных почвах: Автореф. дис. ... докт. биол. наук. М., 2016. 18 с.
Спиридонова В.А., Василевич Р.С. Геохимия тяжелых металлов торфяников криолитозоны // Актуальные проблемы биологии и экологии: Материалы докладов XXIV Всероссийской молодежной научной конференции. Сыктывкар, 2017. С. 114–116.

ОРГАНИЧЕСКОЕ ВЕЩЕСТВО ДЕНСИМЕТРИЧЕСКИХ ФРАКЦИЙ
ПРЕОБЛАДАЮЩИХ ПОЧВ ПРИПОЛЯРНОГО УРАЛА

В.В. Старцев

Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар

E-mail: vik.startsev@gmail.com

Почвы являются одной из ключевых составляющих экосистем, поэтому изучение разных аспектов почвенного покрова – актуальная задача современного почвоведения. Почвы горных регионов формируются в особых экологических условиях: расчлененный характер рельефа, разнообразие почвообразующих пород, различия в гидротермическом режиме, фактор высотной поясности. Органическое вещество (ОВ) играет важную роль в генезисе почв, формирующихся в горных ландшафтах, которое является источником углерода, резервуаром элементов питания растений, служит источником и стоком «парниковых» газов. Однако детальные исследования почвенного органического вещества (ПОВ) в горных ландшафтах носят единичный характер (Dymov et al., 2015).

Цель данной работы – изучить органическое вещество преобладающих почв различных горных растительных поясов Приполярного Урала.

Объекты исследования располагались в северной части Приполярного Урала на территории национального парка «Югыд ва». Были изучены почвы бассейна верхнего течения р. Кожим на хребтах Западные Саледы, Яптикнырд, Северные Малды, Малдынырд, Росомаха. На Приполярном Урале выделяют горно-тундровый пояс на вершинах склонов, подгольцовый, горно-лесной и горно-тундровый пояса нижних частей склонов, формирующиеся из-за близкого залегания многолетнемерзлых льдистых пород (ММП) (Старцев и др., 2016, 2017). Нами было исследовано 16 почвенных разрезов по четыре из каждого растительного пояса.

Названия почв приводятся в соответствии с «Полевым определителем почв России» (2008). Химический анализ почв выполнен в экоаналитической лаборатории Института биологии Коми НЦ УрО РАН классическими методами анализа. Изучение почвенного органического вещества проводили с использованием метода денсиметрического фракционирования раствором поливольфрамата натрия, согласно методическим разработкам (Grunewald et al., 2006; Cerli et al., 2012). Метод позволяет разделить почву на фракции, различающиеся по составу и активности участия углерода в биологическом круговороте и времени пребывания в почве (фракция свободного ОВ (СОВ <1.6 г/см³), фракция окклюдированного-внутриагрегатного ОВ (ООВ <1.6) и фракция ОВ, связанного с минеральной матрицей (ТФ >1.6). В работе были изучены верхние минеральные горизонты.

Исследованные почвы слабокислые, наиболее кислыми являются органогенные горизон-

ты. Для почв подстилаемых ММП характерны наименьшие показатели рН водн. в подстилках. По содержанию обменных форм кальция (Ca^{2+}) и магния (Mg^{2+}) преобладает кальций во всех почвах. Наибольшие содержания наблюдаются в органогенных горизонтах. Распределение углерода по профилям почв носит регрессивно-аккумулятивный характер с максимальными концентрациями в подстилках. Для почв горно-лесного пояса выявлено минимальное содержание С% в верхнем минеральном горизонте – $2.5 \pm 0.8\%$, максимальное – в почвах с подстилами ММП – $8.3 \pm 9.4\%$. Для почв подгольцового пояса – $5.0 \pm 2.6\%$, горно-тундрового – 6.4 ± 5.2 .

Анализ содержания денсиметрических фракций ОВ показал, что для всех исследованных почв характерно преобладание тяжелой фракции НФ. Ее доля изменяется от 57 до 99% в верхних минеральных горизонтах. Для почв горно-лесного пояса характерны небольшие доли по массе легких фракций в подзолистых горизонтах. В почвах подгольцового пояса, которые развиваются под разнотравными луговинами и содержат большее количество органического вещества, доли легких фракций выше, чем в горно-лесном поясе. В некоторых случаях достигают 4.6% от массы. Максимальные доли легких фракций в почвах горно-тундрового пояса (до 18% свободного ОВ и 23% – окклюдированного) выявлены для подбур с высоким содержанием неразложившихся и слабо-разложившихся растительных остатков в горизонте ВН. Это объясняется коротким периодом биологической активности, высокой щебнистостью, которая способствует проникновению неразложившихся растительных остатков вниз по профилю. Высокими показателями долей легких фракций (до 19% – свободного и окклюдированного ОВ) обладают почвы горно-тундрового пояса с подстилами ММП, характеризующиеся высоким содержанием ОВ в верхних минеральных горизонтах, что особенно проявляется для почв, формирующихся на высокощелочистых грунтах.

Денсиметрические фракции существенно отличаются по содержанию углерода. При анализе состава фракций выявлено, что наибольшие концентрации углерода характерны для фракций свободного и окклюдированного органического вещества. Минимальные содержания свойственны для тяжелой органо-минеральной фракции. Максимальным содержанием углерода характеризуется фракция ОРОМ. Можно говорить о том, что хорошо разложившееся внутриагрегатное органическое вещество в услови-

ях высокой щебнистости, промерзания/оттаивания в почвах горных территорий лучше сохраняется, чем свободные растительные остатки.

Таким образом, проведенное исследование позволило выявить, что в почвах основу составляют органоминеральные фракции (57.5–99% по массе). Фракции свободного и окклюдируемого органического вещества составляют 0.23–23% по массе. Максимальные доли легких фракций выявлены для почв горно-тундрового пояса и почв с подстилкой ММП; максимальные концентрации углерода – для фракций свободного и окклюдируемого органического вещества (до 16.8–42%), минимальные содержания характерны для тяжелой органоминеральной фракции (0.22–7.8%). Самые высокие показатели отмечаны у тяжелых фракций почв горно-тундрового и подгольцового поясов. Показано, что ключевое значение имеют именно легкие фракции, органические вещества которых в первую очередь будут подвержены микробному разложению и могут способствовать росту эмиссии углекислого газа в атмосферу при возможном потеплении климата.

Исследование выполнено при финансовой поддержке проекта РФФИ № 18-34-00618 мол_а.

ЛИТЕРАТУРА

Старцев В.В., Жангуров Е.В., Дымов А.А. Годовая динамика температур органогенных горизонтов почв Приполярного Урала // Известия Коми НЦ УрО РАН. 2016. № 2 (26). С. 28–35.

Старцев В.В., Жангуров Е.В., Дымов А.А. Характеристика почв высотных поясов хребта Яптик-нырд (Приполярный Урал) // Вестн. Том. гос. ун-та. Биология. 2017. № 38. С. 6–27.

Cerli C., Celi L., Kalbitz K., Guggenberger G., Kaiser K. Separation of light and heavy organic matter fractions in soil – Testing for proper density cut-off and dispersion level // Geoderma. 2012. V. 170. P. 403–416. DOI: 10.1016/j.geoderma.2011.10.009.

Dymov A.A., Zhangurov E.V., Hagedorn F. Soil organic matter composition along altitudinal gradients in permafrost affected soils of the Subpolar Ural Mountains // Catena. 2015. V. 131. P. 140–148.

Grunewald G., Kaiser K., Jahn R., Guggenberger G. Organic matter stabilization in young calcareous soils as revealed by density fractionation and analysis of lignin-derived constituents // Organic Geochemistry 2006. V. 37.

ИЗМЕНЕНИЕ СВОЙСТВ ПОЧВ И РАСТИТЕЛЬНОСТИ ПЕСТРООВСЯНИЦЕВЫХ ЛУГОВ ПРИ ДОЛГОВРЕМЕННОМ ВЫЖИГАНИИ

О.А. Токарева

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва

E-mail: tokareva1406@yandex.ru

В предгорных районах Большого Кавказа достаточно развито сельское хозяйство, в особенности скотоводство. Иногда местом для выпаса становятся альпийские луга на склонах гор, среди которых наибольшей продуктивностью характеризуются злаковые луга. Один из доминантов в этом сообществе – *Festuca varia*, которая каждый год образует много ветоши и затеняет поверхность почвы в случае, если луг испытывает слабую пастбищную нагрузку, что не позволяет многим растениям давать побег. Из-за этого ценность таких угодий как пастбищ уменьшается. Поэтому для поддержания высокой продуктивности они подвергаются искусственному выжиганию. Кроме искусственных пожаров часто возникают естественные, вызванные ударами молний. Из-за сильных ветров пламя распространяется очень быстро, и потушить такие пожары трудно. Известно, что пожары обеспечивают смену растительных сообществ и изменяют свойства верхних горизонтов почв. Однако для альпийских лугов из-за их труднодоступности еще недостаточно изучено влияние частого воздействия огня на почвенный покров и фитоценоз, поэтому мы поставили перед собой цель исследовать влияние долговременного выжигания ветоши на структуру фитоценоза пестроовсяницевого луга и свойства почвы. Работа была выполнена на альпийском стационаре в Тебердинском государствен-

ном биосферном заповеднике на высоте около 2800 м над ур.м.

Для этого в пределах фитоценоза, сформированного на горно-луговой альпийской почве, выделены по пять опытных и контрольных площадок площадью 1 м², которые находились на расстоянии 1 м друг от друга в два ряда. Контрольные площадки располагались выше по склону от экспериментальных. На каждой из площадок в одну линию были зафиксированы по три квадрата 25×25 см. Итого заложено 30 квадратов. В период 1994–2015 гг. каждые два года ранней осенью на экспериментальных площадках ветошь выжигали.

Ежегодно на всех квадратах проводился подсчет численности побегов растений, после чего данные обрабатывались и строились модели ее динамики с помощью корреляционного и регрессионного анализов. Определение структуры фитоценоза и биомассы видов растений и ветоши пестроовсяницевого луга было проведено методом укоса на каждом квадрате после 20 лет проведения эксперимента. Для изучения изменения почв одновременно были отобраны образцы верхнего горизонта с глубины 0–5 см с помощью бура диаметром 5 см. В почвах определяли влажность, актуальную кислотность (pH_{H₂O}), концентрации экстрагируемых N (N_{экстр.}), C органических соединений (C_{орг.}), N-NH₄⁺ и N-NO₃⁻. Экстрагируемый органический азот (N_{орг.}) рас-

считывали как разность между $N_{\text{экстр.}}$ и суммой $N-NH_4^++N-NO_3^-$. С и N микробной биомассы определяли методом фумигации-экстракции, содержание доступных Р и К – по методу Кирсанова, содержание обменных Са и Mg – по методу Гедройца.

После долговременного выжигания ветоши общая биомасса сосудистых растений уменьшилась в два раза, масса ветоши – в семь раз. Доминанты остались прежними, но видовое разнообразие увеличилось. Доля новых видов составила 11.7%. Для шести видов отмечены значимые изменения в динамике численности по-

бегов. Однако для доминанта *Festuca varia* при выжигании не характерно изменение скорости роста побегов.

Долговременное выжигание существенно влияет на свойства почвы: семь из 18 показателей значительно изменяются. Особенно увеличиваются концентрации органического и минерального N, что, возможно, связано с ростом микробиологической активности, однако не с их биомассой, так как концентрации С и N микробной биомассы остаются неизменными. Также увеличивается содержание некоторых зольных элементов, таких как Са.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОПУЛЯЦИЙ КУСТАРНИЧКОВ В ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ И ИХ ВКЛАДА В ДИНАМИКУ УГЛЕРОДА И АЗОТА

П.В. Фролов, Е.В. Зубкова, В.Н. Шанин

Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН, г. Пущино

E-mail: ximikadze@gmail.com

Центральным звеном в структуре практически любого биоценоза являются сообщества растений. Они служат не только основными источниками органического вещества, но оказываются теми компонентами, которые целиком определяют его облик и строение, однако роль живого напочвенного покрова лесных экосистем редко принимается во внимание при анализе углеродного баланса (Law et al., 1999). В сосновых лесах Северной Европы и лиственных лесах Сибири сомкнутость полога низкая. Это приводит к высокой доступности солнечной радиации для растений травяно-кустарничкового яруса (ТКЯ) и, как следствие, высокой интенсивности фотосинтеза (Baldocchi et al., 2000). Таким образом, вклад растений ТКЯ в круговорот углерода в лесных экосистемах также может быть значительным. Morén и Lindroth (2000) подсчитали, что доля ежегодной продукции CO_2 растениями ТКЯ в сосновых лесах южных регионов Швеции составляет около 15–20% от совокупной продукции CO_2 . В своих исследованиях К.С. Бобкова (1987) показала, что продукция углерода растениями мохово-лишайникового и травяно-кустарничкового ярусов в сосняках зеленомошно-черничных в северной тайге превышает количество углерода, производимого древесным ярусом.

К настоящему времени разработано большое количество моделей лесных экосистем. В качестве примеров разработок отечественных ученых можно привести модели EFIMOD (Комаров и др., 2003), модель Корзухина (Корзухин и др., 2008), модель Логофета (Логофет, Белова, 2007). К разработкам зарубежных авторов относятся модели iLand (Seidl et al., 2012), PICUS (Lexer, Hénninger, 2001), MARS (Baruth et al., 2006) и другие. Однако ни в одной из моделей лесных экосистем вклад растительности ТКЯ в круговорот биогенных элементов не учитывается в явном виде. Для моделирования попу-

ляционной динамики растений ТКЯ с различными типами онтогенеза и динамики биогенных элементов в системе «растения ТКЯ– почва» была разработана решетчатая имитационная модель CAMPUS-S (Комаров и др., 2015).

При помощи данной модели проведена оценка вклада кустарничков рода *Vaccinium* в продуктивность лесных экосистем для территории Московской области при трех различных климатических сценариях: в стационарных климатических условиях, при умеренном и экстремальном сценариях изменения климата.

В новом семействе сценариев антропогенного воздействия на климатическую систему RCP (Representative concentration pathways) цифровой индекс сценария характеризует величину увеличения планетарного радиационного баланса, достигаемого к 2100 г.: 2.6, 4.5, 6.0 и 8.5 Вт·м⁻² в сценариях RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0 и RCP8.5 соответственно.

При моделировании были использованы результаты модельных прогонов глобальной климатической модели INMCM4 (Володин и др., 2013) по сценариям RCP4.5 (умеренный) и RCP8.5 (экстремальный). Почвенно-климатические сценарии (ряды температуры и влажности лесной подстилки и верхнего органо-минерального горизонта почвы) генерировались с применением модели SCLISS (Быховец, Комаров, 2002). Базовые климатические параметры модели SCLISS для южного Подмосковья оценены по данным метеорологической станции Коломна. Водно-физические свойства заданы для песчаных подзолов. При моделировании каждого из сценариев рассчитывалась продуктивность кустарничков рода *Vaccinium* в системе «кустарнички–почва». Моделирование проводилось с месячным шагом на 200 лет.

При стабильном климатическом сценарии средняя биомасса черники составляла 0.047 кг м⁻², брусники – 0.073, при изменении кли-

мата доминирование брусники в общей массе кустарничков усиливалось. При умеренном сценарии изменения климата парциальные образования черники сохранялись только на наиболее влажных участках моделируемой территории, и, как следствие, средняя биомасса черники на моделируемой территории составляла всего 0.0028 кг м^{-2} , брусники – 0.09 кг м^{-2} . При экстремальном сценарии изменения климата ценопопуляция черники полностью погибала через 81 год, средняя биомасса брусники достигала 0.092 кг м^{-2} . Гибель ценопопуляции черники при экстремальном климатическом сценарии можно объяснить существенной разницей между диапазонами толерантности по отношению к влажности лесной подстилки у черники и брусники. В связи с усилением испарения влаги из почвы влажность подстилки уменьшается даже при постоянном количестве осадков и становится ведущим лимитирующим фактором для фотосинтеза и, как следствие, для выживания черники. Увеличение средней биомассы брусники объясняется тем, что влажность подстилки оказывается близкой к оптимальным значениям, а также ускорением процессов разложения органического вещества в почве.

ЛИТЕРАТУРА

- Бобкова К.С. Биологическая продуктивность хвойных лесов европейского Северо-Востока. Л.: Наука, 1987. 156 с.
- Выховец С.С., Комаров А.С. Простой статистический имитатор климата почвы с месячным шагом // Почвоведение. 2002. № 4. С. 443–452.
- Володин Е.М., Дианский Н.А., Гусев А.В. Модель земной системы INMCM4: воспроизведение и прогноз климатических изменений в XIX–XXI веках // Известия РАН, физика атмосферы и океана. 2013. Т. 49. № 4. С. 379–400.
- Комаров А.С., Зубкова Е.В., Фролов П.В. Клеточно-автоматная модель динамики популяций и сообществ кустарничков // Сибирский лесной журнал. 2015. № 3. С. 57–69.
- Корзухин М.Д., Цельникер Ю.Л., Семенов С.М. Экофизиологическая модель первичной продуктивности древесных растений и оценки климатических пределов их произрастания // Метеорология и гидрология. 2008. № 12. С. 56–69.
- Логофет Д.О., Белова И.Н. Неотрицательные матрицы как инструмент моделирования динамики популяций: классические модели и современные обобщения // Фундаментальная и прикладная математика. 2007. Т. 13. № 4. С. 145–164.
- Baldocchi D.D., Law B.E., Anthoni P.M. On Measuring and Modeling Energy Fluxes above the Floor of a Homogeneous and Heterogeneous Conifer Forest // Agric. Forest Meteorology. 2000. Vol. 102. P. 187–206.
- Baruth B., Genoves G., Montanarella L. New soil information for the MARS Crop Yield Forecasting System. Luxembourg: Publication office of European Union, 2006. 95 p.
- Komarov A.S., Chertov O.G., Zudin S.L., Nadporozhskaya M.A., Mikhailov A.V., Bykhovets S.S., Zudina E.V., Zoubkova E.V. EFIMOD 2 – A model of growth and elements cycling of boreal forest ecosystems // Ecological Modelling. 2003. Vol. 170. P. 373–392.
- Law B.E., Baldocchi D.D., Anthoni P.M. Below-canopy and soil CO₂ fluxes in a ponderosa pine forest // Agric. Forest Meteorology. 1999. Vol. 94. Iss. 3–4. P. 171–188.
- Lexer M.J., Hénninger K. A modified 3D – patch model for spatially explicit simulation of vegetation composition in heterogeneous landscapes // Forest Ecology and Management. 2001. Vol. 144. P. 43–65.
- Moren A.S., Lindroth A. CO₂ exchange at the floor of a boreal forest // Agric. Forest Meteorology. 2000. Vol. 101. P. 1–14.
- Seidl R., Rammer W., Scheller R., Spies T. An individual-based process model to simulate landscape-scale forest ecosystem dynamics // Ecol. Model. 2012. Vol. 231. P. 87–100.

АНАЛИЗ НАЧАЛЬНЫХ СТАДИЙ РОСТА КУЛЬТУР СОСНЫ НА ТЕРРИТОРИИ ЮЖНОГО ПОДМОСКОВЬЯ

Г.Г. Фролова, П.В. Фролов, И.В. Припутина

Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН, г. Пушкино

E-mail: gulfina.frolova@gmail.com

Прогноз эффективности восстановления лесной растительности после интенсивных нарушений природного и антропогенного характера актуален для лесов России, в том числе в связи с экологическими проблемами последних лет (масштабными лесными пожарами, массовыми вспышками численности насекомых вредителей деревьев и др.). В Московской области необходимость ускоренного восстановления лесов определяется особой важностью их экологических функций для столичного региона. Одним из решений этой проблемы в Подмосковье стали посадки лесных культур (http://klh.mosreg.ru/deyatelnost/vosproizvodstvo_lesov_i_lesorazvedenie).

Помимо экспертных оценок анализ эффективности разных сценариев искусственного восстановления лесов в настоящее время возможен с использованием методов математического моделирования, что позволяет прогнозировать не только продуктивность насаждений, но и экологические эффекты, связанные с динамикой почвенного плодородия, эмиссией CO₂ и т.п. К числу таких моделей относится система моделей EFIMOD, которая создана для анализа долговременной динамики лесов естественного развития и позволяет моделировать рост лесных древостоев и динамику органического вещества и азота в системе «древостой–почва» (Моделирование..., 2007; Komarov et al., 2003). Модели-

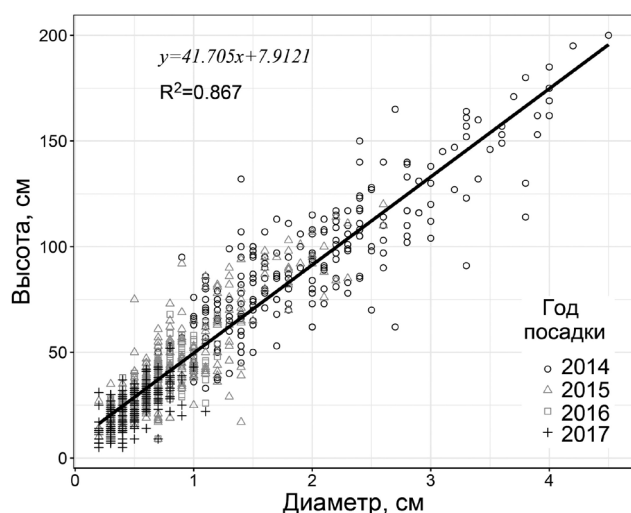


Рис. 1. Соотношение высоты и диаметра ствола у корневой шейки в разновозрастных молодых культурах сосны.

рование посадок лесных культур является новой областью применения EFIMOD (Комаров и др., 2015), что требует ее дополнительной параметризации в отношении начальных стадий роста древостоев в первые 5–10 лет (таксационные показатели, коэффициенты перераспределения биомассы между органами деревьев, содержание С и N в органах деревьев, почвах и др.).

С этой целью нами начаты исследования посадок культур сосны (*Pinus sylvestris* L.), созданных в период 2014–2017 гг. на территории Отрадинского участкового лесничества ОЛХ «Русский лес» (Серпуховский район Московской области). Посадки заложены на участках после сплошной санитарной рубки хвойно-лиственных древостоев на дерново-слабоподзолистых почвах легкого гранулометрического состава с частичной обработкой почвы бороздами. Посадки сформированы двухлетними саженцами, посаженными в дно борозды, разме-

ры междурядий – 3–3.5 м, расстояние между деревьями в ряду около 80 см. В июле 2017 г. на всех посадках были заложены пробные площади (ПП) размером 25×25 м, ориентированные по сторонам света в соответствии с ориентацией рядов посадки саженцев. На всех ПП произведен пересчет деревьев, измерены их высоты и диаметры стволов у корневой шейки и выполнены геоботанические описания растительности напочвенного покрова. Вблизи ПП отобраны модельные деревья для определения масс органов и концентраций в них углерода и азота, а также образцы почв для определения их физико-химических характеристик и оценки запасов С и N (эти данные здесь не обсуждаются).

По результатам полевых измерений получена близкая к линейной зависимость между высотой и диаметром ствола у корневой шейки для культур сосны в первые четыре года их роста (рис. 1), тогда как в средне- и старовозрастных древостоях эта зависимость имеет логарифмический характер (Таксация леса..., 2013).

По результатам статистической обработки (R Core Team, 2015) показано усиление неоднородности структуры древостоя по высоте и диаметру ствола у корневой шейки по мере увеличения возраста культур сосны, о чем свидетельствуют рассчитанные распределения плотности вероятности значений этих лесотаксационных показателей (рис. 2). Данный эффект связан с разной интенсивностью роста саженцев одного возраста в первые годы, в том числе за счет того, что часть саженцев при посадке оказывается в неблагоприятных условиях (заглубление корневой шейки, посадка вблизи пней и др.). В существующей версии EFIMOD редукция потенциальных приростов фитомассы у разных деревьев на одном участке реализована только как конкуренция между соседними деревьями за ресурсы (свет и доступный азот), что для начальных стадий роста лесных культур не ак-

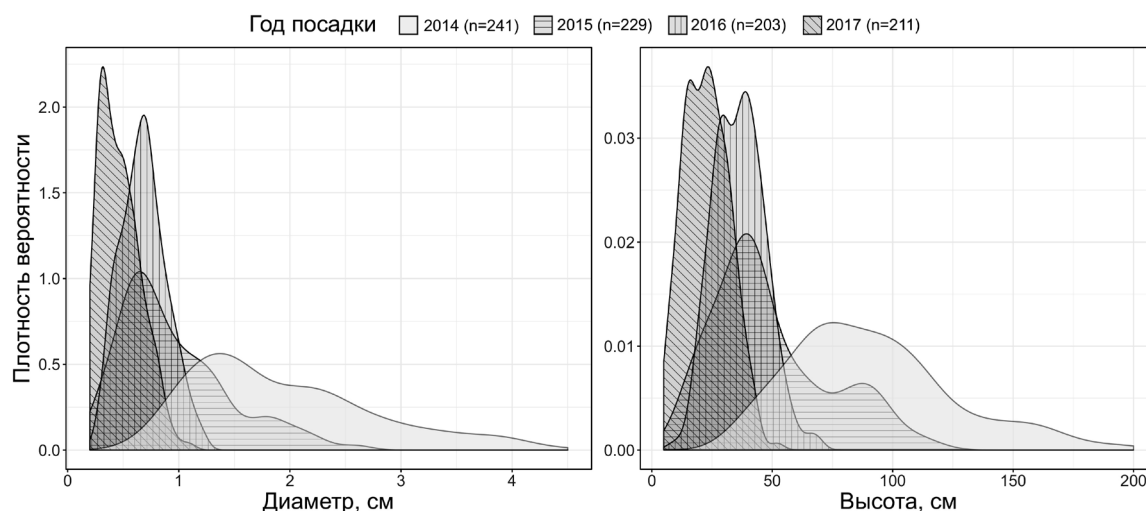


Рис. 2. Распределение плотности вероятности значений лесотаксационных показателей (высота дерева, диаметр ствола у корневой шейки) в исследованных посадках сосны (n – число деревьев на ПП).

туально. Таким образом, необходимо дополнительное уточнение алгоритма модели.

Работа выполнена в рамках исследований по теме лаборатории моделирования экосистем ИФ-ХиБПП РАН № 01200902107 и при частичной финансовой поддержке РФФИ и Министерства инвестиций и инноваций Московской области (гранты № 17-45-500038 p_a и 18-34-00556 мол_a).

ЛИТЕРАТУРА

Комаров А.С., Чертов О.Г., Быховец С.С. и др. Воздействие осинового плантация с коротким оборотом рубки на биологический круговорот углерода и азота в лесах бореальной зоны: модельный эксперимент // Математическая биология и био-

информатика. 2015. Т. 10. № 2. С. 398–415. DOI: 10.17537/2015.10.398.

Моделирование динамики органического вещества в лесных экосистемах/ Отв. ред. В.Н. Кудеяров. М.: Наука, 2007. 380 с.

Таксация леса: практикум для подготовки бакалавров по направлению 250100 «Лесное дело»/ И.В. Никифорчин и др. СПб.: СПбГЛТ, 2013. 160 с.

Komarov A.S., Chertov O.G., Zudin S.L. et al. EFIMOD 2 – a model of growth and cycling of elements in boreal forest ecosystems // Ecological Modelling. 2003. V. 70. P. 373–392. DOI: 10.1016/S0304-3800(03)00240-0.

R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2015. URL: <http://www.R-project.org>.

МАКРО- И МИКРОЭЛЕМЕНТЫ В ПОЧВАХ ЗОНЫ ВЛИЯНИЯ ЦЕМЕНТНОГО ЗАВОДА (НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА ВОРКУТЫ, РЕСПУБЛИКА КОМИ)

О.В. Шахтарова, Е.М. Лаптева

Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар

E-mail: olga.shakhtarova@mail.ru

В Республике Коми основными источниками загрязнения городов являются все виды транспорта, предприятия теплоэнергетики, добычи угля, нефти и газа, нефте- и газоперерабатывающие заводы, предприятия лесопереработки и стройиндустрии (Государственный доклад..., 2017). В г. Воркуте значимую роль в загрязнении почв и почвенного покрова играют выбросы в атмосферу предприятий угледобывающей промышленности (Дымов и др., 2013), теплоэлектростанций (ТЭС) (Яковлева и др., 2017) и цементного завода (ЦЗ) (Шамрикова и др., 2010). В составе аэротехногенных выбросов этих промышленных предприятий содержатся различные органические и неорганические поллютанты, оказывающие негативное воздействие на компоненты окружающей среды, в том числе обуславливающие подщелачивание почв в импактной зоне ЦЗ. Учитывая тесную связь подвижности макро- и микроэлементов с кислотно-основными свойствами почв (Перельман, 1975), цель данной работы заключалась в оценке содержания макро- и микроэлементов в почвах импактной зоны ЦЗ, кислотно-основные свойства почвенного покрова которой трансформированы под влиянием выбросов последнего.

Ранее проведенными исследованиями (Шамрикова и др., 2010) показано, что основными компонентами, поступающими с пылевыми выбросами в атмосферу в результате деятельности ЦЗ, являются карбонаты и сульфаты кальция и магния, а также хлориды натрия и калия. Щелочная реакция талых снеговых вод в импактной зоне ЦЗ определяется присутствием в первую очередь гидрокарбонат-ионов. Оседание в окрестностях ЦЗ на поверхность почвы цементной пыли определило трансформацию морфо-

логических и физико-химических свойств природных почв и формирование здесь техногенно нарушенных образований, на микро- и макрокомпонентный состав которых оказывает влияние не только производство цемента, но и выбросы ТЭС и угольных шахт.

В 2011 г. нами проведен отбор проб почв на расстоянии 1, 2 и 3 км от ЦЗ. Пробы почв отбирали в девяти пунктах наблюдения на глубине до 50 см (в соответствии с генетическими горизонтами). В образцах почв определяли величину pH водной вытяжки потенциометрически со стеклянным электродом, содержание обменных оснований – вытеснением NH_4Cl (Теория..., 2006) с последующим атомно-абсорбционным определением на Shimadzu AA-6300, концентрацию кислоторастворимых форм тяжелых металлов и мышьяка – атомно-эмиссионным методом с атомизацией в индуктивно-связанной аргонной плазме (ПНДФ 16.1:2.3:3.11-98).

Целинные ненарушенные почвы в районе исследования представлены преимущественно глееземами криометаморфическими (или тундровыми поверхностно-глеевыми почвами), для которых характерна кислая реакция среды и сравнительно невысокое содержание обменных оснований (Атлас почв..., 2010). Влияние ЦЗ в большей степени выражено в радиусе до 2 км от источника загрязнения, где почвенный покров представлен техногенно нарушенными почвами со слоем белесой цементной пыли в верхней части профиля, а также почвами, аэротехногенное поступление пылевых выбросов в которых сказалось на изменении свойств не только органогенной части профиля, но и минеральной. В этих почвах щелочная реакция среды и высокое содержание кальция прослеживаются во всех горизонтах (до глубины 40–50 см)

Содержание ($\bar{x} \pm S$)* тяжелых металлов в почвах импактной зоны цементного завода, мг·кг⁻¹

Расстояние от источника загрязнения, км	Горизонт	n**	Pb	Zn	Cu	Ni	Cd
2-3	O	2	$\frac{21.5 \pm 1.3}{6}$	$\frac{85 \pm 10}{12}$	$\frac{29.5 \pm 1.7}{6}$	$\frac{21.0 \pm 2.2}{11}$	$\frac{1.2 \pm 0.1}{6}$
	Bg	4	$\frac{10.3 \pm 1.3}{13}$	$\frac{29.3 \pm 10.2}{35}$	$\frac{6.9 \pm 1.7}{24}$	$\frac{12.3 \pm 2.2}{18}$	$\frac{0.36 \pm 0.07}{21}$
1-2	O	3	$\frac{18.7 \pm 2.5}{13}$	$\frac{73.0 \pm 2.6}{4}$	$\frac{22.7 \pm 2.1}{9}$	$\frac{17.7 \pm 1.5}{9}$	$\frac{0.97 \pm 0.12}{12}$
	Bg	9	$\frac{9.5 \pm 0.4}{10}$	$\frac{37 \pm 4}{10}$	$\frac{10 \pm 4}{35}$	$\frac{17 \pm 6}{33}$	$\frac{0.37 \pm 0.04}{10}$
0-1	O	4	$\frac{19.8 \pm 1.3}{6}$	$\frac{92 \pm 9}{10}$	$\frac{35 \pm 5}{13}$	$\frac{16.8 \pm 2.4}{14}$	$\frac{1.45 \pm 0.06}{4}$
	Bg	10	$\frac{10 \pm 7}{68}$	$\frac{42 \pm 22}{53}$	$\frac{17 \pm 13}{77}$	$\frac{16 \pm 4}{22}$	$\frac{0.8 \pm 0.4}{46}$
Фон***	O	31	6.9±0.7	17.6±2.4	3.5±0.6	5.3±0.8	0.19±0.02
	Bg	34	7.1±0.3	22.9±1.2	5.2±0.5	10.6±0.7	0.11±0.1
ОДК****			65	110	66	40	1.0

Примечание: *в числителе $\bar{x}$ – среднее арифметическое, S – стандартное отклонение среднего арифметического; в знаменателе – коэффициент вариации, %; ** n – объем выборки; *** фоновые значения для глееземов криометаморфических (тундровых поверхностно-глеевых почв) (по: Дымов и др., 2010); **** ОДК для суглинистых (глинистых) почв, pH<5.5 (Предельно-допустимые..., 2006).

даже при отсутствии визуально выраженных морфологических изменений. Почвы на расстоянии 2–3 км от ЦЗ по химическим показателям минеральной толщи соответствуют целинным почвам, однако их органогенные горизонты отличаются нейтральной реакцией среды и сравнительно высоким содержанием катионов кальция, вытесняемых раствором хлорида аммония (до 48 смоль·кг⁻¹).

Для макро- и микрокомпонентного состава рассмотренных почв характерно значительно более высокое содержание кальция (в 1.1–7.5 раз), бария (1.1–3.9), стронция (2.2–8.6) и калия (1.1–1.6) по сравнению с тундровыми почвами (глееземами) Большеземельской тундры (Лаптева и др., 2015). Соответственно, содержание этих элементов максимально в почвах, находящихся на расстоянии 0–2 км от ЦЗ.

Фоновое содержание тяжелых металлов (ТМ) – ртути, свинца, меди, никеля, цинка, кадмия – в почвах Большеземельской тундры значительно меньше установленных ориентировочно-допустимых концентраций (Дымов и др., 2010; Лаптева и др., 2015). Изменение кислотности почв в импактной зоне ЦЗ, преобладание в их поверхностных горизонтах нейтральной и слабощелочной среды обусловили снижение подвижности (миграционной активности) халькофильных элементов (Cu, Zn, Pb, Cd) и их аккумуляцию в почвах рассматриваемой территории. Анализ содержания ТМ в почвах импактной зоны цементного завода свидетельствует о более высоких (практически в 2–5 раз) по сравнению с фоновыми (Дымов и др., 2010) значениях концентрации всех рассмотренных ТМ (см. таблицу), хотя в среднем эти значения не превышают установленные для суглинистых почв нормативы ОДК (Предельно-до-

пустимые..., 2006). Исключением является кадмий, для которого отмечено превышение ОДК в 1.2–1.4 раза.

Расчет коэффициентов накопления (отношение содержания элемента в органогенном горизонте к его содержанию в минеральных) показывает, что в тундровых почвах ненарушенных ландшафтов отмечаются активный вынос из органогенных горизонтов ванадия, магния, алюминия, железа и их аккумуляция в минеральной части профиля. В условиях изменения кислотно-основного состояния почв под влиянием выбросов ЦЗ снижается подвижность таких элементов, как хром, бор, никель, марганец, они начинают аккумулироваться в органогенном горизонте.

Таким образом, изменение экологических условий в импактной зоне цементного завода, обусловленное поступлением подщелачивающих компонентов в составе аэрозолей на поверхность почвенно-растительного покрова, способствует трансформации химизма почв и оказывает влияние на специфику пространственного и внутри-профильного перераспределения тяжелых металлов.

ЛИТЕРАТУРА

Атлас почв Республики Коми / Под ред. Г.В. Добровольского, А.И. Таскаева, И.В. Забоевой. Сыктывкар, 2010. 356 с.

Государственный доклад «О состоянии окружающей среды Республики Коми в 2016 году» / Министерство промышленности, природных ресурсов, энергетики и транспорта Республики Коми, ГБУ РК «ТФИ РК». Сыктывкар, 2017. 179 с.

Дымов А.А., Каверин Д.А., Габов Д.Н. Свойства почв и почвоподобных тел г. Воркута // Почвоведение. 2013. № 2. С. 240–248.

Дымов А.А., Лаптева Е.М., Калашников А.В., Денева С.В. Фоновое содержание тяжелых металлов, мышьяка и углеводородов в почвах Большеземельской тундры // Теоретическая и прикладная экология. 2010. № 4. С. 43–48.

Ландшафтно-биогеографические аспекты аккумуляции и миграции тяжелых металлов в почвах Арктики и Субарктики европейского Северо-Востока / Е.М. Лаптева, Д.А. Каверин, А.В. Пастухов, Е.В. Шамрикова, Ю.В. Холопов // Известия Коми научного центра УрО РАН. 2015. № 3(23). С. 28–41.

Перельман Я.И. Геохимия ландшафтов М.: Высшая школа, 1975. 341 с.

ПНДФ 16.1:2.3:3.11-98. Количественный химический анализ почв. Методика выполнения измерений содержания металлов в твердых объектах методом спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой. М., 1998. 12 с.

Предельно-допустимые концентрации (ПДК) и ориентировочно-допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2006. 15 с.

Теория и практика химического анализа почв / Под ред. Л.А. Воробьевой. М.: ГЕОС, 2006. 400 с.

Шамрикова Е.В., Ванчикова Е.В., Рязанов М.А., Казаков В.Г. Состояние снежного и почвенного покрова вблизи цементного завода // Вода: химия и экология. 2010. № 10. С. 46–51.

Яковлева Е.В., Габов Д.Н., Сушкова С.Н. Особенности накопления полиаренов в почвах и мхах тундровой зоны под воздействием ТЭС // Биоразнообразие экосистем Крайнего Севера: инвентаризация, мониторинг, охрана: Тезисы докладов III Всероссийской научной конференции (20–24 ноября 2017 г., г. Сыктывкар). Сыктывкар, 2017. С. 312–315.

ОСОБЕННОСТИ НАКОПЛЕНИЯ ПОЛИАРЕНОВ В РАСТЕНИЯХ НИЖНЕГО ЯРУСА ЮЖНОЙ ТУНДРЫ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ТЭС

Е.В. Яковлева, Д.Н. Габов

Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар

E-mail: kaleeva@ib.komisc.ru

Тундровые экосистемы наряду с высоким ресурсным потенциалом характеризуются низкой устойчивостью к антропогенным воздействиям. В первую очередь техногенному воздействию подвергается растительный покров. Одними из наиболее опасных органических загрязнителей признаны полициклические ароматические углеводороды (ПАУ). Основными источниками поступления ПАУ в окружающую среду считаются процессы, связанные со сжиганием угля (Сушкова и др., 2017; Ribeiro et al., 2014). Поэтому изучение накопления ПАУ растениями в зонах действия ТЭС представляет наибольший интерес.

Проведены исследования содержания ПАУ в лишайниках и растениях нижнего яруса южной тундры. Пробы отбирали в зоне ТЭС на расстоянии 0.5, 1.0 и 1.5 км в северо-восточном направлении. Изучены виды растений трех групп: лишайники – *Peltigera* sp., мхи – *Pleurozium schreberi* Brid., кустарнички – *Vaccinium uliginosum* L.

Для *Pleurozium schreberi* и *Peltigera* sp. наблюдали сходные тенденции в накоплении ПАУ, доля поверхностного загрязнения для данных видов составляла соответственно 18–37% от суммарного содержания на фоновом участке (см. рисунок). На загрязненных участках она снижалась до 5–10% на разном удалении от ТЭС.

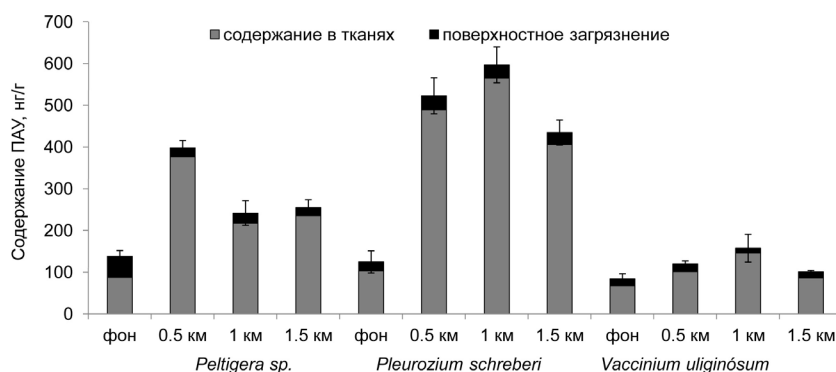
Для *Vaccinium uliginosum* доля поверхностного загрязнения составляла 20% на фоновом участке и 8–15% на загрязненном. Снижение вклада поверхностного накопления было менее выражено, чем для мха и лишайника, что свидетельствовало о слабой способности *Vaccinium uliginosum* к аккумуляции ПАУ. Минимальный

вклад поверхностного накопления для всех исследованных видов выявлен при максимальном общем загрязнении, для мха и голубики он был отмечен в 1 км, для лишайника – в 0.5 км от ТЭС. Определяющую роль в активизации процессов биоаккумуляции ПАУ играло повышение концентраций высокомолекулярных полиаренов в окружающей среде.

ПАУ были представлены в основном низкомолекулярными структурами. Суммарное содержание ПАУ на поверхности *Peltigera* sp. в зоне действия ТЭС было в 2.1–2.6 раза ниже фоновых значений. Это во многом обусловлено присутствием на поверхности лишайника фонового участка значительного содержания нафталина, который отсутствовал на поверхности в условиях загрязнения, а также может быть связано с разной видовой спецификой лишайников. Для *Pleurozium schreberi* и *Vaccinium uliginosum* на загрязненных участках содержание на поверхности почти не превышало фоновые значения кратности – 1.3–1.5 и 0.7–1.1 раза соответственно. Максимальные превышения суммарного содержания ПАУ были отмечены для мха и *Vaccinium uliginosum* в 0.5 км.

Суммарная массовая доля ПАУ в *Peltigera* sp. и *Pleurozium schreberi* в зоне воздействия ТЭС превышала фоновые значения в два-три и три-пять раз соответственно. Для *Peltigera* sp. максимальное накопление ПАУ отмечали на расстоянии 0.5 км, для *Pleurozium schreberi* – в 1 км от предприятия. Для *Vaccinium uliginosum* кратности превышения фоновых значений составляли 1.2–1.9 раз и были максимальны в 1 км.

На фоновом участке суммарная массовая доля полиаренов в растениях изменяется не



Содержание полиаренов в разных видах растений на разном удалении от ТЭС, нг/г.

значительно в зависимости от вида, значения для мха и лишайника практически одинаковы, для *Vaccinium uliginosum* – в 1.5 раза ниже. Наивысшая способность к биоаккумуляции ПАУ в зоне ТЭС характерна для *Pleurozium schreberi*, минимальным накоплением отличается *Vaccinium uliginosum*. Суммарное содержание полиаренов во мхе превышает содержание в лишайнике в 1.3–2.5, в кустарничке – в четыре раза.

Суммарное содержание ПАУ на поверхности растений всех исследованных видов на загрязненных участках примерно одинаково, отклонения входят в пределы погрешности. На фоновом участке выявлено повышенное содержание полиаренов на поверхности *Peltigera sp.* относительно других видов.

Бликие значения содержания полиаренов на поверхности растений всех видов на фоновом и загрязненных участках при значительном превышении содержания ПАУ в тканях растений в условиях загрязнения свидетельствуют о наличии определенного уровня содержания ПАУ на поверхности, который поддерживается растениями.

Для *Peltigera sp.* в отсутствии загрязнения характерны высокие количества полиаренов, концентрирующиеся на поверхности лишайника, в условиях загрязнения ПАУ начинают активно проникать внутрь. Для мха *Pleurozium schreberi* в естественных условиях не характерно активное накопление ПАУ, большая часть полиаренов сосредоточена внутри растения. При повышении содержания ПАУ в зоне ТЭС

происходит активное поглощение полиаренов. Для *Vaccinium uliginosum* на фоновом участке отмечено незначительное содержание легких полиаренов. В условиях загрязнения полиарены не концентрировались на поверхности и почти не проникали внутрь кустарника, что во многом может быть связано с почти полным одревеснением стволиков и корней *Vaccinium uliginosum*, которые составляют 90% фитомассы.

Таким образом, установлено, что для всех исследованных видов характерно снижение доли поверхностного накопления в общем содержании ПАУ от фоновых участков к загрязненным. Наивысшая способность к биоаккумуляции ПАУ характерна для *Pleurozium schreberi*, минимальным накоплением отличается *Vaccinium uliginosum*. Выявлены близкие значения содержания полиаренов на поверхности растений всех видов на фоновом и загрязненных участках. Показано, что суммарная массовая доля ПАУ в *Peltigera sp.* и *Pleurozium schreberi* в зоне аэротехногенного воздействия превышала фоновые значения два-три и три-пять раз соответственно. Для *Vaccinium uliginosum* кратности составляли до двух раз. Содержание ПАУ в растениях снижалось по мере удаления от ТЭС. Для *Peltigera sp.* максимум накопления выявлен в 0.5 км, для *Pleurozium schreberi* и *Vaccinium uliginosum* – в 1 км от ТЭС.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ и Правительства Республики Коми № 16-44-110581 p_a и госбюджетной темы № Гр. АААА-А17-117122290011-5.

ЛИТЕРАТУРА

Мониторинг содержания бенз(а)пирена в почвах под влиянием многолетнего техногенного загрязнения / С.Н. Сушкова, Т.М. Минкина, С.С. Манджиева, И.Г. Тюрина, Г.К. Васильева, R. Kizilkaya // Почвоведение. 2017. № 1. С. 1–12.

Ribeiro J., Silva T.F., Mendonca Filho J.G., Flores D. Fly ash from coal combustion – An environmental source of organic compounds // Applied Geochemistry. 2014 №. 44. P. 103–110.

Секция 4

РАДИАЦИОННАЯ БИОЛОГИЯ, ГЕНЕТИКА.

ВЛИЯНИЕ ФАКТОРОВ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОЙ ПРИРОДЫ НА ОРГАНИЗМ

РОЛЬ СИГНАЛЬНЫХ КАСКАДОВ ERK 1/2 И PI3K/MTOR

В ЭФФЕКТЕ РАДИАЦИОННО-ИНДУЦИРОВАННОГО УВЕЛИЧЕНИЯ ПРОЛИФЕРАТИВНОГО ПОТЕНЦИАЛА ФИБРОБЛАСТОВ ЧЕЛОВЕКА

А.В. Ермакова, А.Г. Кудяшева, И.О. Велегжанинов

Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар

E-mail: ermakova_a.v@ib.komisc.ru

Пагубное воздействие высоких доз радиации на все уровни организации живой материи давно известно и является общепризнанным фактом. К наиболее хорошо изученным эффектам больших доз радиации относят остановку клеточного цикла, которая приводит к стресс-индуцированному клеточному старению (Day et al., 2014). Иными словами, ионизирующее излучение в высоких дозах подавляет пролиферацию клеток в культуре. Однако, проанализировав данные литературы, можно утверждать, что реакция живых систем на воздействие ионизирующего излучения в малых и высоких дозах имеет качественные различия. Но несмотря на то, что биологические эффекты низких доз радиации привлекли внимание почти четыре десятилетия назад (1980 г.), проблема малых доз является в настоящее время одной из центральных в оценке риска радиационного воздействия, так как до сих пор не существует единого взгляда на биологические эффекты таких доз радиации. Поэтому актуальность данного исследования определяется еще и тем, что в повседневной жизни современных людей окружает большое количество источников низкоинтенсивного излучения. Одним из наиболее известных биологических эффектов малых доз радиации является ускорение пролиферации клеток. В частности, данный эффект известен для фибробластов (Croute et al., 1986), остеобластов (Chen et al., 2014), гематopoэтических клеток (Li et al., 2004) и мезенхимальных стволовых клеток (Liang et al., 2011) млекопитающих, эндотелиальных HUVEC и эпителиальных клеток (RWPE-1) человека. Известно, что радиационно-индуцированная стимуляция пролиферации связана с активацией сигнальных каскадов MAPK/ERK и PI3K/AKT/mTOR. Ингибирование ключевых элементов перечисленных сигнальных каскадов в момент облучения подавляет активное деление клеток (Liang et al., 2016).

Ранее мы показали, что малые дозы радиации вызывают замедление клеточного старения и одновременное ускорение пролиферации клеток, что в совокупности говорит о повышении пролиферативного потенциала эмбриональных фибробластов человека.

В связи с вышеизложенным целью наших дальнейших исследований заключалась в том, чтобы проверить – будет ли наблюдаться увеличение скорости пролиферации при ингибировании сигнальных каскадов MAPK/ERK и PI3K/AKT/mTOR в момент облучения.

В качестве тест-объекта в работе использовались эмбриональные фибробласты ФЛЭЧ-104 (ООО «БиолоТ», Санкт-Петербург). Для анализа динамики пролиферации клеточную культуру подвергали воздействию ионизирующего излучения в дозах 0, 3, 5 сГр и 2 Гр (мощность дозы – 1 сГр/с). Также в момент облучения мы добавляли в питательную среду специфические ингибиторы сигнальных каскадов MAPK/ERK (U0126) и PI3K/AKT/mTOR (LY294002) как вместе, так и по отдельности. Скорость пролиферации оценивали по увеличению количества клеток на единицу площади ростовой поверхности за промежуток времени между пересадками с момента облучения вплоть до полной остановки роста культуры при помощи микроскопа (БИОЛАМ-П1). Также проводили верификацию данных с использованием флуориметрического анализа цитотоксичности в микрокультурах, который позволяет оценить количество живых клеток в лунке культурального планшета по степени гидролиза флуоресцеин диацетата, происходящего при взаимодействии с intactными клеточными мембранами. Динамику накопления стареющих клеток в культуре оценивали по доле клеток, позитивно окрашивающихся хромогенным субстратом X-Gal по протоколу производителя (Sigma, USA) вплоть до полной остановки клеточного роста. Выборки проверяли на наличие артефактов с помощью критерия Граббса. Различия между вариантами

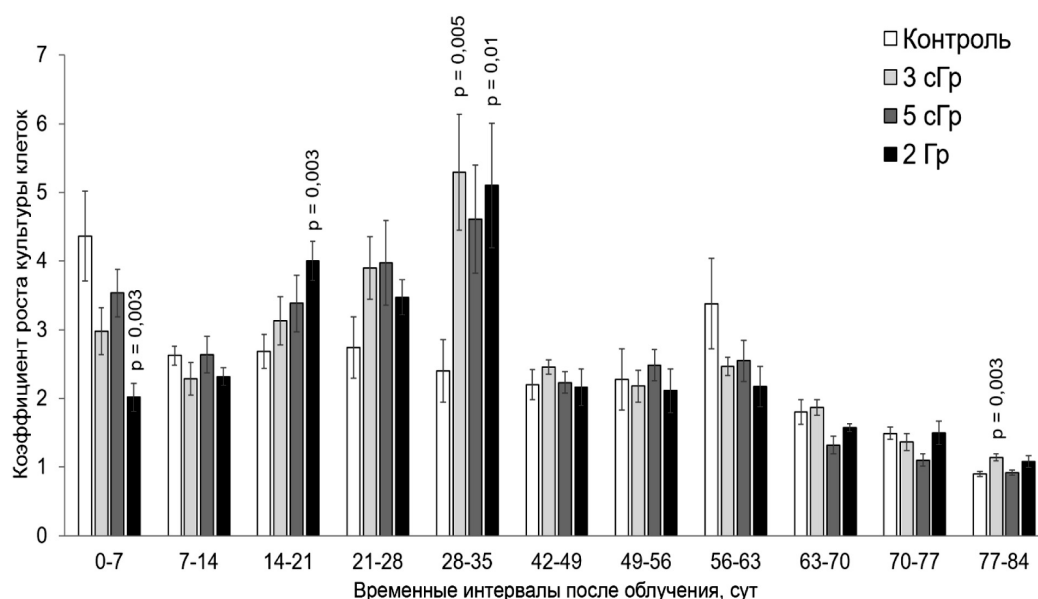


Рис. 1. Динамика пролиферации клеток ФЛЭЧ-104 после облучения в дозах 3 и 5 сГр, а также 2 Гр. Представлены объединенные данные шести независимых биологических повторностей эксперимента. p – вероятность нулевой гипотезы, полученная при сравнении варианта с соответствующим контролем с помощью t -критерия Стьюдента (указана только для различий, статистически значимых с учетом поправки Бонферрони).

ми оценивали с помощью t -критерия Стьюдента в программе Statistica 6.0. Результаты оценки доли стареющих клеток анализировали с помощью однофакторного дисперсионного анализа с апостериорным тестом Ньюмана-Кеулса.

Как уже сообщалось нами ранее, однократное воздействие γ -излучения в дозе 3 сГр на фибробласты легких эмбриона человека *in vitro* приводит к отдаленному ускорению пролифера-

ции потомков облученных клеток, проявляющемуся до полного исчерпания пролиферативного потенциала (рис. 1), а также к замедлению клеточного старения фибробластов (рис. 2).

Для того, чтобы оценить возможную роль сигнальных каскадов MAPK/ERK и PI3K/AKT/mTOR в отдаленной стимуляции пролиферации и замедлении клеточного старения, мы провели серию экспериментов с ингибито-

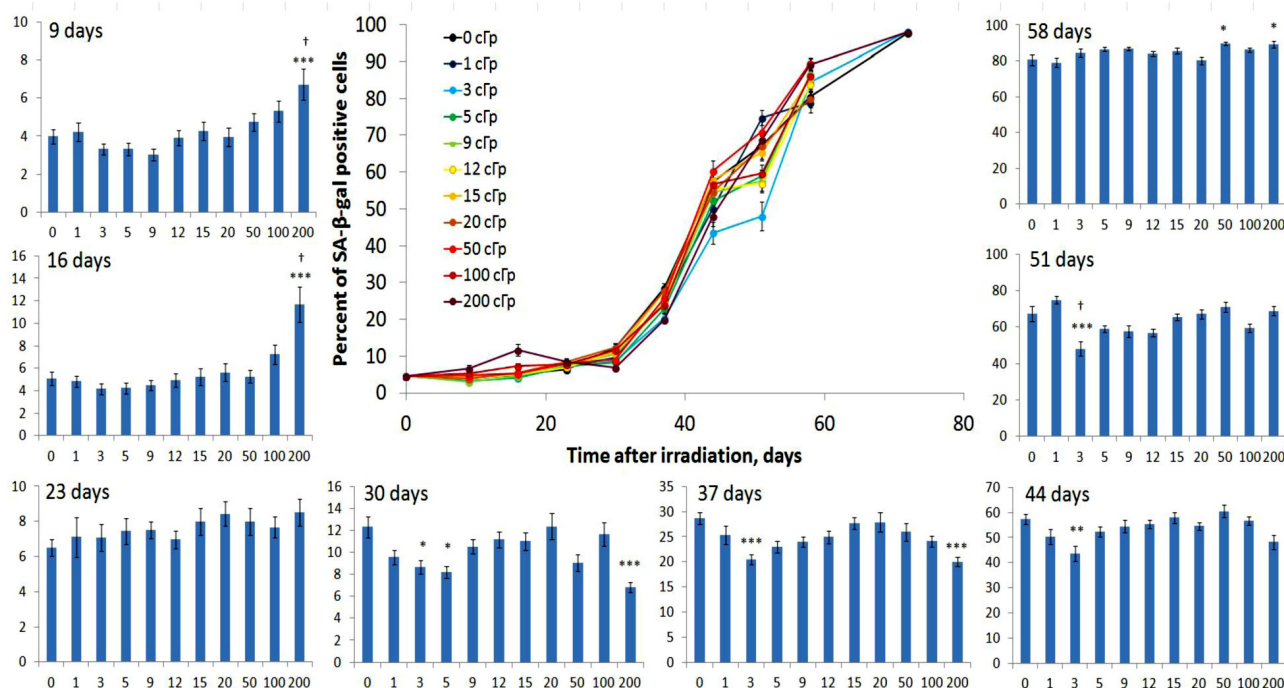


Рис. 2. Динамика старения культуры ФЛЭЧ-104 после облучения.

Примечание: *, ** и *** – различия по сравнению с контролем достоверны при $p < 0.05$, 0.01 и 0.001 соответственно. † – различия со всеми другими вариантами облучения достоверны при $p < 0.05$ (однофакторный дисперсионный анализ с тестом Ньюмана-Кеулса).

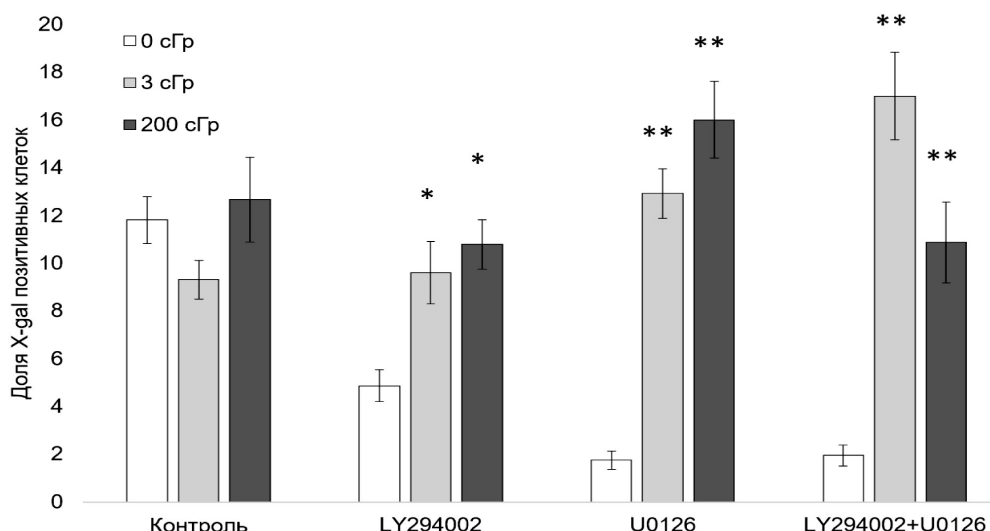


Рис. 3. Доля X-Gal позитивных клеток на 30 сутки после облучения с предварительной (за 1 ч до облучения) обработкой ингибиторами MEK1/2 (U0126) и PI3K (LY294002).

Примечание: * различия с соответствующим вариантом без облучения достоверны при $p < 0.05$, ** при $p < 0.001$.

ванием указанных сигнальных каскадов. При действии ингибиторов отменяется феномен замедления клеточного старения в момент облучения, но при этом динамика накопления стареющих клеток резко меняется при действии ингибиторов без облучения (рис. 3). По всей видимости, задержка пролиферации после ингибирования сигнальных каскадов на ранних пассажах приводит к значительному отставанию в скорости накопления стареющих клеток относительно интактного контроля. Облучение в присутствии ингибиторов скорее провоцирует ускорение клеточного старения, чем замедляет его.

Таким образом, ингибирование сигнальных каскадов MAPK/ERK (U0126) и PI3K/AKT/mTOR (LY294002) как вместе, так и по отдельности приводит к отмене описанных выше радиационно-индуцированных эффектов, но при этом изменяет динамику пролиферации фибробластов без воздействия облучения.

Работа выполнена с использованием оборудования ЦКП «Молекулярная биология» Института биологии Коми НЦ УрО РАН и поддержана грантом РФФИ № 16-34-00367.

ЛИТЕРАТУРА

- Croute F., Vidal S., Soleilhavoup J.P., Vincent C., Serre G., Planel H. Effects of a very low dose rate of chronic ionizing radiation on the division potential of human embryonic lung fibroblasts in vitro // Exp. Gerontol. 1986. 21(1). P. 1–11.
- Chen M., Huang Q., Xu W., She C., Xie Z.G., Mao Y.T., Dong Q.R., Ling M. Low-dose X-ray irradiation promotes osteoblast proliferation, differentiation and fracture healing // PLoS One. 2014 Aug 4; 9(8).
- Day R.M., Snow A.L., Panganiban R.A. Radiation-induced accelerated senescence: a fate worse than death? // Cell Cycle. 2014. 13(13):2011–2.
- Liang X., So Y.H., Cui J., Ma K., Xu X., Zhao Y., Cai L., Li W. The low-dose ionizing radiation stimulates cell proliferation via activation of the MAPK/ERK pathway in rat cultured mesenchymal stem cells // J Radiat Res. 2011. 52(3):380–6.
- Liang X., Gu G., Yu D. et al., Dose-Response 10 (2016).

ВЛИЯНИЕ ФЛАВОНОИДОВ (ЛЮТЕОЛИН, НАРИНГИН, ХРИЗИН) НА ЖИЗНЕСПОСОБНОСТЬ И СТРЕССОУСТОЙЧИВОСТЬ *DROSOPHILA MELANOGASTER*

Н.В. Земская^{1,2}, Е.А. Лашманова³, Е.Н. Прошкина¹, А.А. Москалев^{1,3}

¹ Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар

² Сыктывкарский государственный университет им. Питирима Сорокина, г. Сыктывкар

³ Московский физико-технический институт (государственный университет), г. Москва

E-mail: kukushonok90@yandex.ru

Флавоноиды – это природные полифенолы с доказанными противораковыми (Seelinger et al., 2008), противовоспалительными (Ahad et al., 2014) и антидиабетическими (Vinayagam, Xu, 2015) свойствами.

Цель данной работы – изучить геропротекторные свойства трех флавоноидов (хри-

зин, нарингин, лютеолин) на модели *Drosophila melanogaster*.

В опытах использовалась линия дикого типа *Canton-S*. Исследуемые препараты (хризин, нарингин, лютеолин) добавлялись мухам в дрожжевую пасту в конечных концентрациях 0.3, 0.5, 1.0 μM .

Анализ продолжительности жизни. Для оценки продолжительности жизни (ПЖ) отбирали свежескормивших одновозрастных имаго каждого пола по 120–150 особей на каждый вариант эксперимента (по 30 особей в пробирке). Имаго дрозофил обрабатывали флавоноидами на протяжении всей жизни. ПЖ самцов и самок анализировали отдельно, оценивали медианную ПЖ и возраст гибели 90% особей выборки.

Анализ стрессоустойчивости. Перед анализом дрозофил в течение 10 сут. обрабатывали исследуемыми веществами в указанных концентрациях. В качестве стресс-факторов применяли гипертермию, окислительный стресс и голодание. На каждый вариант опыта использовали 120–150 особей. Самок и самцов анализировали отдельно.

Для оценки устойчивости к действию окислительного стресса дрозофил рассаживали в пробирки с фильтровальной бумагой, пропитанной раствором индуктора окислительного стресса 20 mM параквата (Methylviologen, Sigma) в 5%-ной сахарозе и содержали в термостате при 25 °C. Для оценки устойчивости к гипертермии мух содержали на стандартной агарно-дрожжевой питательной среде в термостате при 35 °C. Для определения устойчивости к голоданию дрозофил помещали в пробирки с 2%-ным агаром и содержали в термостате при 25 °C. В таких условиях стресса дрозофил содержали до конца жизни.

Продолжительность жизни. Влияние флавоноидов на параметры ПЖ мух было изучено в двух независимых экспериментах (табл. 1).

В обоих опытах во всех исследованных концентрациях лютеолин увеличил параметры медианной и максимальной ПЖ самок на 3.5–8.6% ($p < 0.05$, критерий Гехана-Бреслоу-Вилкоксона) и 4.7–17.2% ($p < 0.05$, критерий Ванг-Алиссона) соответственно. Эффекты лютеолина на те же самые показатели самцов различались между повторностями. В первом опыте наблюдалось статистически значимое увели-

чение всех показателей, во втором – снижение или отсутствие статистически значимых изменений.

Влияние хризина на параметры ПЖ мух было сходным с лютеолином. У самок в обоих опытах добавление хризина в пищу увеличивало медианную и максимальную продолжительность жизни на 1.8–15.5% ($p < 0.05$, критерий Гехана-Бреслоу-Вилкоксона) и 10.9–26.6% ($p < 0.01$, критерий Ванг-Алиссона). У самцов в большинстве вариантов обоих экспериментов влияние данного флавоноида на исследуемые показатели отсутствовало.

Воспроизводимого положительного эффекта нарингина на показатели ПЖ мух не обнаружено.

Стрессоустойчивость. Влияние флавоноидов на устойчивость дрозофил к каждому виду стресса было изучено в трех независимых экспериментах (табл. 2).

В опытах на голодание в большинстве случаев исследованные вещества не оказывали воспроизводимого статистически значимого влияния на процент выживших особей после 48 ч стресса. Единственным исключением был лютеолин, добавление которого в концентрации 0.3 μM приводило к снижению количества мертвых самок в двух экспериментах из трех в 1.6–2.5 раза ($p < 0.001$, критерий Фишера).

Хризин и лютеолин повысили устойчивость самцов к действию индуктора окислительного стресса – параквату. Добавление хризина в концентрациях 0.5 и 1 мкМ и лютеолина во всех исследованных концентрациях в пищу мухам снизило процент умерших особей спустя 48 ч после начала стресса в 1.2–2.1 раза ($p < 0.05$, критерий Фишера). У самок эффектов данных веществ на стрессоустойчивость не обнаружено. Только лютеолин в концентрации 0.5 μM повысил процент умерших особей в двух экспериментах из трех ($p < 0.01$, критерий Фишера). Нарингин не оказывал статистически значимого влияния на стрессоустойчивость самцов и самок.

Таблица 1

Влияние флавоноидов на продолжительность жизни *Drosophila melanogaster*

Флавоноид		Нарингин				Хризин				Лютеолин			
Пол		Самцы		Самки		Самцы		Самки		Самцы		Самки	
№	Вариант	М	90%	М	90%	М	90%	М	90%	М	90%	М	90%
1	Контроль	49	64	58	64	49	64	58	64	49	64	58	64
	1 μM	43***	61*	63***	81***	61***	64	64***	79***	51	65***	63***	74**
	0.5 μM	46**	61**	62*	76**	49	64	67***	81***	58*	64	62***	70*
	0.3 μM	47	64	62*	74**	46	64	62***	74***	46	67***	62***	70**
2	Контроль	50	58	57	64	50	58	57	64	50	58	57	64
	1 μM	40*	57	57	65	47	58*	59***	67	40*	58**	59*	67*
	0.5 μM	46	57	53.5**	62	51	58	58*	66	40	58	59***	75**
	0.3 μM	50	58	54*	64	50.5	58	59*	71**	44	57	59***	68*

Примечание: М – медианная продолжительность жизни (ПЖ в сут.); 90% – время 90%-ной гибели популяции (сут.); различия статистически значимы при *** $p < 0.001$, ** $p < 0.01$, * $p < 0.05$. При сравнении времени 90%-ной гибели особей использовали критерий Ванг-Алиссона, для медианной продолжительности жизни – критерий Гехана-Бреслоу-Вилкоксона.

Таблица 2

Влияние флавоноидов на стрессоустойчивость *Drosophila melanogaster*

Флавоноид		Нарингин						Хризин						Лютеолин					
Пол		Самцы			Самки			Самцы			Самки			Самцы			Самки		
	Вариант	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
А	Контроль	51	63	60	47	22	55	51	63	60	47	22	55	51	63	60	47	22	55
	1 μ M	43***	68	47	47	22	57	39**	54	45*	72***	17	62	34**	41***	41**	63*	28	51
	0.5 μ M	29***	53	57	53	29	56	24***	48*	50	47	22	59	29***	51*	51	65**	36**	45
	0.3 μ M	30	75*	46	47	26	54	23***	54	54	48	26	46	35**	43**	43**	43	25	51
В	Контроль	82	89	99	22	31	74	82	89	99	22	43	74	82	89	99	22	43	74
	1 μ M	92*	81	88***	21	88***	69	96***	93	94**	40**	40	74	86	92	98	26	32	72
	0.5 μ M	84	91	94**	37*	55	65	96***	94	95*	40**	41	82	91*	90	95*	32	41	65
	0.3 μ M	81	76**	98	29	25**	69	90	94	89***	17	31	69	94**	80	98	23	17***	48***
С	Контроль	61	23	20	21	12	87	61	23	20	21	12	87	61	23	20	21	12	87
	1 μ M	19***	22	20	32*	17	78	8***	20	24	31	35***	51***	8***	31	15	28	51***	70**
	0.5 μ M	6***	25	17	30	34***	84	6***	27	15	21	46***	65***	5***	28	27*	29	31***	74*
	0.3 μ M	15***	26	12	24	19	71**	7***	26	15	35*	36***	62***	8***	18	15	28	23*	69**

Примечание: представлен процент умерших самцов и самок через 48 ч после начала голодания (В) и окислительного стресса (А), самцов и самок через 72 и 96 ч соответственно после начала теплового шока (С). Различия статистически значимы при *** $p < 0.001$, ** $p < 0.01$, * $p < 0.05$ по критерию Фишера.

Все исследованные вещества не оказывали воспроизводимого эффекта на устойчивость дрозофил к тепловому шоку.

Таким образом хризин и лютеолин в концентрациях 0.3–1.0 μ M увеличивали медианную и максимальную ПЖ самок. У самцов положительный эффект отсутствовал или не воспроизводился. В то же время оба вещества в большинстве вариантов опыта увеличивали устойчивость самцов к окислительному стрессу. Лютеолин в концентрациях 0.3–0.5 μ M повышал также устойчивость самок к голоданию и параквату. Нарингин не оказывал влияния на параметры ПЖ дрозофил и их устойчивость к стрессу. Необходимо проведение дальнейших экспериментов для выявления механизмов действия хризина и лютеолина на ПЖ и стрессоустойчивость дрозофил.

Авторы выражают благодарность лаборатории разработки инновационных лекарственных средств МФТИ в лице заведующего лаборато-

рией С.В. Леонова и заместителя заведующего лабораторией Е.И. Марусич за предоставление флавоноидов для работы.

Исследование выполнено в рамках государственного задания по теме «Молекулярно-генетические механизмы взаимосвязи стрессоустойчивости и продолжительности жизни на модели *Drosophila melanogaster*» № гос. регистрации 115012130067 и темы НИР «Сохранение коллекций экспериментальных животных для фундаментальных исследований».

ЛИТЕРАТУРА

- Ahad A., Ganai A.A., Mujeeb M., Siddiqui W.A. Chrysin, an anti-inflammatory molecule, abrogates renal dysfunction in type 2 diabetic rats // Toxicol Appl Pharmacol, 2014. Vol. 279 (1). P. 1–7.
- Seelinger G., Merfort I., Wolfle U., Schempp C.M. Anti-carcinogenic effects of the flavonoid luteolin // Molecules, 2008. Vol. 13 (10). P. 2628–2651.
- Vinayagam R., Xu B. Antidiabetic properties of dietary flavonoids: a cellular mechanism review // Nutr Metab (Lond), 2015. Vol. 12. P. 60.

ВОЗРАСТ-ЗАВИСИМОЕ ИЗМЕНЕНИЕ УРОВНЯ ЭКСПРЕССИИ ГЕНОВ РЕПАРАЦИИ ДНК У ЛИНИИ ДИКОГО ТИПА CANTON-S ПОСЛЕ ОСТРОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ

Л.А. Коваль¹, А.А. Москалев^{1,3}

¹ Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар

² Сыктывкарский государственный университет им. Питирима Сорокина, г. Сыктывкар

³ Московский физико-технический институт, г. Москва

E-mail: lyubov.schilova@yandex.ru

Достоверно известно, что радиация и процессы репарации взаимосвязаны. Действие ионизирующего излучения (ИИ) вызывает различные типы повреждений ДНК, включая одно- и двуцепочечные разрывы, формирование перекрестных сшивок между ДНК и белками. В ответ на эти повреждения в клетках активируются процессы репарации ДНК (West, Barnett

2011). Установлено, что с возрастом происходит снижение эффективности репарации ДНК (Titus et al., 2013). Среди основных причин этого большой вклад вносит снижение активности генов репарации ДНК. В данном исследовании мы обратили свое внимание на гены, которые участвуют в распознавании поврежденного ДНК, эксцизионной репарации, репарации

мисматчей и репарации двуцепочечных разрывов ДНК.

Цель работы – оценить возраст-зависимое изменение экспрессии генов эксцизионной репарации нуклеотидов (*mei-9*, *Mus209*) и оснований (*mus210*, *Mus209*), генов репарации мисматчей (*mei-9*, *Mus209*), генов репарации двуцепочечных разрывов ДНК по типу гомологичной рекомбинации (*spn-B*, *okr*, *Mus309*) и гена, который участвует в распознавании поврежденных ДНК (*d-Gadd45*), у особей линии дикого типа *Canton-S* после острого воздействия гамма-излучения в дозе 30 Грей на 0, 28 и 56 сут. после вылета имаго.

Особь линии дикого типа *Canton-S* после острого воздействия гамма-излучения были разделены на две группы: без облучения и подвергшиеся острому (50 мин) воздействию ИИ в дозе 30 Гр от источника с ^{60}Co (Рокс АМ) сразу после вылета имаго. Анализ экспрессии проводили на 0-, 28- и 56-е сут. после вылета имаго. Мух содержали в стандартных условиях (Moskalev, Plyusnina et al. 2012). На каждую точку эксперимента использовали по 10 мух одного пола. Экспрессию генов измеряли методом количественного ПЦР в «реальном времени» с этапом обратной транскрипции (ОТ-ПЦР). Использовали наборы Aurum Total RNA mini kit (Bio-Rad), SuperScript III First Strand Synthesis System for RT-PCR (Invitrogen), Applied Biosystems (Invitrogen), SYBR Green PCR Master Mix (Applied Biosystems) и праймеры (СИН-ТОЛ). Полимеразную цепную реакцию проводили в амплификаторе CFX96 (Bio-Rad) с помощью следующей программы: 1) 95 °C в течение 10 мин, 2) 95 °C в течение 15 сек, 3) 60 °C в течение 60 сек, 4) этапы 2–3 повторяли 50 раз. Экспрессию исследуемых генов рассчитывали относительно экспрессии гена домашнего хо-

зяйства β -Tubulin с применением программного обеспечения CFX Manager (Bio-Rad). Достоверность различий между значениями относительной экспрессии генов оценивали с помощью t-критерия Стьюдента для независимых выборок.

В данном исследовании показано, что сразу после облучения экспрессия всех изучаемых генов у облученных и необлученных самцов и самок достоверно не различалась (см. таблицу).

Экспрессия гена *D-Gadd45* на 28- и 56-е сут. была выше у самцов в 55–392 раза, самок – в 166–175; гена *spn-B* на 28- и 56-е сут. была выше у самцов в 26–8 раз, самок – в 373–9; гена *okr* на 28- и 56-е сут. была выше у самцов в 17–9 раз, самок – в 163–14 (см. таблицу). При исследовании изменения экспрессии генов, участвующих в эксцизионной репарации нуклеотидов, оснований и мисматчей (*mei-9*, *Mus209*, *mus210*), и гена *Mus309*, участвующего в гомологичной рекомбинации, не получили достоверных различий либо различия экспрессии были малы (см. таблицу). Отсутствие значимых различий в экспрессии исследуемых генов в 0 сут. после облучения, по-видимому, связаны с недостатком методики, поскольку анализ экспрессии проводили сразу после облучения, в то время как механизмы ответа на повреждение еще не успели отреагировать на повреждение ДНК.

Ген *D-Gadd45* является гомологом гена *Gadd45*, который участвует в остановке клеточного цикла, апоптозе и репарации ДНК: контролирует активность белков эксцизионной репарации, а также обеспечивает доступность поврежденных участков ДНК для ферментов репарации (Ma et al., 2009). Высокий уровень экспрессии данного гена на 28- и 56-е сут. после облучения возможно связан с тем, что белки данного гена – это мишени транскрип-

Значения экспрессии (Exp) генов репарации ДНК с возрастом после облучения у особей линии дикого типа *Canton-S*

Ген-мишень	Самцы, контроль			Самцы облученные		
	0 сут	28 сут	56 сут	0 сут	28 сут	56 сут
	Exp $\pm$ СОС	Exp $\pm$ СОС	Exp $\pm$ СОС	Exp $\pm$ СОС	Exp $\pm$ СОС	Exp $\pm$ СОС
<i>d-gadd45</i>	19.90 $\pm$ 10.55	0.14 $\pm$ 0.02	0.77 $\pm$ 0.17	8.59 $\pm$ 1.10	53.74 $\pm$ 20.86*	42.34 $\pm$ 15.45*
<i>mei-9</i>	0.24 $\pm$ 0.17	0.65 $\pm$ 0.10	0.57 $\pm$ 0.11	0.39 $\pm$ 0.09	0.56 $\pm$ 0.23	0.23 $\pm$ 0.30
<i>mus209</i>	0.00 $\pm$ 0.00	0.35 $\pm$ 0.06	0.41 $\pm$ 0.08	0.05 $\pm$ 0.01*	0.03 $\pm$ 0.01*	0.06 $\pm$ 0.02*
<i>mus210</i>	4.12 $\pm$ 2.18	0.92 $\pm$ 0.16	0.42 $\pm$ 0.08	0.43 $\pm$ 0.06*	2.00 $\pm$ 0.68	8.22 $\pm$ 3.09*
<i>mus309</i>	0.05 $\pm$ 0.03	0.37 $\pm$ 0.07	0.84 $\pm$ 0.21	0.12 $\pm$ 0.02	0.02 $\pm$ 0.01*	0.05 $\pm$ 0.02*
<i>okr</i>	4.70 $\pm$ 2.55	0.49 $\pm$ 0.08	0.49 $\pm$ 0.09	1.38 $\pm$ 0.19	8.51 $\pm$ 3.24*	4.55 $\pm$ 1.64*
<i>spnB</i>	11.84 $\pm$ 6.18	0.89 $\pm$ 0.15	0.54 $\pm$ 0.10	3.68 $\pm$ 0.49	23.23 $\pm$ 8.36*	4.51 $\pm$ 2.35*
	Самки, контроль			Самки облученные		
<i>d-gadd45</i>	36121.46 $\pm$ 16856.39	122.97 $\pm$ 97.13	9.80 $\pm$ 7.32	11526.79 $\pm$ 7977.65	21528.22 $\pm$ 5975.19*	1624.82 $\pm$ 683.67*
<i>mei-9</i>	1.27 $\pm$ 0.67	0.19 $\pm$ 0.20	1.57 $\pm$ 0.96	2.58 $\pm$ 2.26	640.28 $\pm$ 319.19*	26.33 $\pm$ 12.68*
<i>mus209</i>	0.49 $\pm$ 0.27	2.04 $\pm$ 0.48	9.80 $\pm$ 6.10	0.00 $\pm$ 0.00*	0.01 $\pm$ 0.00*	0.00 $\pm$ 0.00*
<i>mus210</i>	0.22 $\pm$ 0.11	24.28 $\pm$ 8.45	9.80 $\pm$ 5.99	0.20 $\pm$ 0.14	2.44 $\pm$ 0.72*	1.33 $\pm$ 0.43*
<i>mus309</i>	0.48 $\pm$ 0.35	7.87 $\pm$ 1.88	5.85 $\pm$ 3.57	0.03 $\pm$ 0.04	0.08 $\pm$ 0.02*	0.13 $\pm$ 0.04*
<i>okr</i>	1305.15 $\pm$ 914.20	14.02 $\pm$ 5.88	9.80 $\pm$ 6.03	861.85 $\pm$ 766.40	2287.32 $\pm$ 568.40*	137.96 $\pm$ 91.93*
<i>spn-B</i>	994.56 $\pm$ 1112.76	8.51 $\pm$ 5.44	9.80 $\pm$ 6.54	642.80 $\pm$ 500.37	3176.71 $\pm$ 998.03*	91.17 $\pm$ 51.84*

Примечание: СОС – стандартная ошибка средней, * $p < 0.05$ по t-критерию Стьюдента относительно необлученного контроля.

ционных факторов p53 и FOXO, для их активации, транскрипции и биосинтеза требуется время (Carrier et al., 1999, Furukawa-Hibi et al., 2002), а также с тем, что белки данного гена обеспечивают доступность поврежденных участков ДНК для ферментов репарации (Ma et al., 2009). Ранее было показано, что конститутивная сверхэкспрессия гена *D-Gadd45* в нервной системе повышает продолжительность жизни дрозофилы в стандартных условиях, а также под действием гамма-излучения в острой и хронической дозах (Moskalev et al., 2012). Ген *spn-B* является гомологом гена репарации двунитевых разрывов ДНК *Xrcc3* млекопитающих, который отвечает за гомологичную рекомбинацию ДНК, а также участвует в процессах митоза и мейоза (Lee, Orr-Weaver 2003; Duro, Marston, 2015). Ген *okr* – ортолог гена *rad54* млекопитающих. Продуктом данного гена является АТФ-зависимая ДНК-геликаза, участвующая в гомологичной рекомбинации ДНК (Kooistra et al., 1999). В данной работе установлено, что эти два гена репарации двуцепочечных разрывов имеют ключевое значение в ответе на повреждающее действие ИИ, их наибольший уровень экспрессии наблюдали на 28-е сут. после облучения.

Гены репарации двуцепочечных разрывов ДНК по типу гомологичной рекомбинации *spn-B*, *okr* и ген, который участвует в распознавании повреждений ДНК *D-Gadd45*, имеют ключевое значение в поддержании стабильности после действия ионизирующего излучения в острой дозе. Их экспрессия была максимальной на 28-е сут. после вылета имаго и минимальной в день вылета мух.

Экспрессия генов, участвующих в эксцизионной репарации нуклеотидов, оснований и мисматчей: *mei-9*, *Mus209*, *mus210* и гена репарации двуцепочечных разрывов ДНК по типу гомологичной рекомбинации *Mus309*, не изменялась либо различия были не достоверны.

Работа выполнена в рамках государственного задания по темам «Молекулярно-генетические меха-

низмы старения, продолжительности жизни и стрессоустойчивости *Drosophila melanogaster*» № гос. регистрации АААА-А18-118011120004-5 и «Комбинация факторов различной природы (пониженная температура, отсутствие освещения, ограничительная диета и воздействие геропротектора) для максимального увеличения продолжительности жизни особей рода *Drosophila*» № 18-7-4-23, № гос. регистрации АААА-А18-118011120008-3.

ЛИТЕРАТУРА

- Carrier F., Georgel P.T., Pourquier P., Blake M., Kontny H.U., Antinore M.J., Gariboldi M., Myers T.G., Weinstein J.N., Pommier Y., Fornace A.J., Jr. (1999). Gadd45, a p53-responsive stress protein, modifies DNA accessibility on damaged chromatin // *Mol Cell Biol* 19(3): 1673–1685.
- Duro E., Marston A.L. (2015). From equator to pole: splitting chromosomes in mitosis and meiosis. *Genes Dev* 29(2): 109–122.
- Furukawa-Hibi Y., Yoshida-Araki K., Ohta T., Ikeda K., Motoyama N. (2002). FOXO forkhead transcription factors induce G(2)-M checkpoint in response to oxidative stress // *J Biol Chem* 277(30): 26729–26732.
- Kooistra R., Pastink A., Zonneveld J.B., Lohman P.H., Eeken J.C. (1999). The *Drosophila melanogaster* DmRAD54 gene plays a crucial role in double-strand break repair after P-element excision and acts synergistically with Ku70 in the repair of X-ray damage // *Mol Cell Biol* 19(9): 6269–6275.
- Lee L.A., Orr-Weaver T.L. (2003). Regulation of cell cycles in *Drosophila* development: intrinsic and extrinsic cues // *Annu Rev Genet* 37: 545–578.
- Ma D.K., Guo J.U., Ming G.L., Song H. (2009). DNA excision repair proteins and Gadd45 as molecular players for active DNA demethylation // *Cell Cycle* 8(10): 1526–1531.
- Moskalev A., Plyusnina E., Shaposhnikov M., Shilova L., Kazachenok A., Zhavoronkov A. (2012). The role of D-GADD45 in oxidative, thermal and genotoxic stress resistance // *Cell Cycle* 11(22): 4222–4241.
- Titus S., Li F., Stobezki R., Akula K., Unsal E., Jeong K., Dickler M., Robson M., Moy F., Goswami S., K. Oktay (2013). Impairment of BRCA1-related DNA double-strand break repair leads to ovarian aging in mice and humans // *Sci Transl Med* 5(172): 172ra121.
- West C.M., Barnett G.C. (2011). Genetics and genomics of radiotherapy toxicity: towards prediction // *Genome Med* 3(8): 52.

ИЗУЧЕНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКОГО ПОЛИМОРФИЗМА ПОПУЛЯЦИЙ ЖИВОТНЫХ И РАСТЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ЛОКАЛЬНОГО ТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

А.В. Рыбак¹, Е.С. Белых¹, Т.А. Майстренко¹, Д.М. Шадрин¹, Я.И. Пылина¹, И.Ф. Чадин¹, И.О. Велегжанинов^{1,2}

¹ Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар

² Вятский государственный университет, г. Киров

E-mail: canewa.anuta@yandex.ru

Идеальные, генетически стабильные во времени и пространстве популяции в природе практически не встречаются, поскольку существуют эволюционные факторы, способные изменять их генотипический состав (мутационный процесс, генетический дрейф, миграции, изоляции). Трансформация генетической структуры популяции может происходить и в

условиях внезапных резких изменений в окружающей среде, таких как радиоактивное и химическое загрязнение, что подтверждается результатами многочисленных исследований.

Цель работы – оценка степени генетического разнообразия и определение генетической структуры природных популяций клевера красного *Trifolium pratense* и дождевого чер-

вя *Aporrectodea caliginosa* в условиях локального радиоактивного и химического загрязнения среды обитания с помощью анализа SSR- и AFLP-маркеров.

Исследования проводили в окрестностях пос. Водный (Республика Коми): на четырех экспериментальных участках (1, 2 – загрязненные радионуклидами и тяжелыми металлами участки; 3, 4 – фоновые) – для *A. caliginosa*, на семи участках (1–3 – фоновые, 4–7 – загрязненные) – для *T. pratense*. Выбранные участки различались по уровню радиоактивного и химического загрязнения почвы, обусловленного деятельностью в середине прошлого века предприятий по добыче радия (Иевлев, 2011).

Для анализа генетического полиморфизма выборки *A. caliginosa* использовали доминантные AFLP-маркеры (Vos et al., 1995), *T. pratense* – кодоминантные SSR-маркеры (Sato et al., 2005). Обработку полученных данных осуществляли в программах PopGen32, R 3.4.3 (R Development Core Team, 2008), GenAlEx 6.503 (Peakall, Smouse, 2012), STRUCTURE 2.3.4 (Pritchard Lab, Stanford University, USA) и с помощью онлайн-сервиса CLUMPAK.

Генетический полиморфизм выборки *T. pratense*. Общее число обнаруженных аллельных вариантов для пяти микросателлитов *T. pratense* составило 48. Все локусы оказались полиморфными: число аллелей на локус варьировало от восьми (локусы RCS6820 и RCS4914) до 11 (локусы RCS5073 и RCS2484). Среднее число аллелей на локус в изученных выборках *T. pratense* варьирует от 5.7 до 9.0 (см. рисунок).

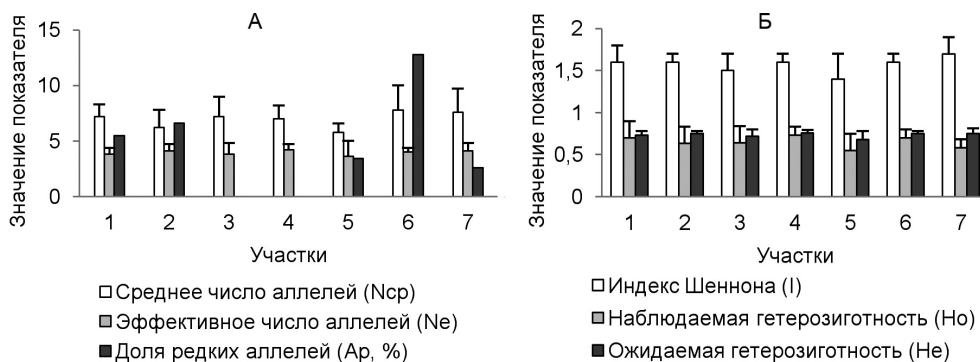
Установлено, что растения с участка 6 характеризуются наибольшими значениями общего ($N = 39$) и среднего ($N_{cp} = 7.8 \pm 2.2$) числа аллелей, а с участка 5 – наименьшими ($N = 29$, $N_{cp} = 5.8 \pm 0.8$). Значения более информативного показателя N_e достоверно не отличались для *T. pratense* с семи участков и варьировали в диапазоне от 3.6 до 4.2. Определено, что наибольшей долей редких аллелей ($A_p = 12.8\%$) характеризуются растения с наиболее загрязненного участка 6, а растения с фоновых участков 3, 4 вообще не имеют редких аллелей во всех проанализированных локусах.

Генетический полиморфизм выборки *A. caliginosa*. Значения N_e между выборками *A. caliginosa* достоверно не отличались и варьировали от 1.15 ± 0.01 до 1.19 ± 0.02 (среднее $N_e = 1.17 \pm 0.01$), процент полиморфных локусов – от 64 до 70%, а значение I – от 0.18 ± 0.01 до 0.22 ± 0.01 (среднее $I = 0.20 \pm 0.01$). Показатель H_e изменялся в диапазоне от 0.103 ± 0.008 до 0.130 ± 0.009 (среднее $H_e = 0.116 \pm 0.004$), что указывает на низкую степень генетического разнообразия популяции в целом.

Следует отметить, что наибольшая доля редких аллелей выявлена для дождевых червей *A. caliginosa* с техногенно загрязненных участков 1 и 2 ($A_p = 8.3$ и 9.7% соответственно), а наименьшая – для особей с фонового участка 4 ($A_p = 4.7\%$).

Генетическая структура выборки *T. pratense* и *A. caliginosa*. Сравнение степени удаленности групп *T. pratense* и *A. caliginosa* друг от друга по коэффициентам генетического расстояния Неи, анализ их структурированности, проведенный в программе STRUCTURE 2.3.4, позволяют сделать вывод о высокой степени сходства генетических структур выборок *T. pratense* и *A. caliginosa*. Мы предполагаем отсутствие связи между генетической структурой и степенью загрязнения среды обитания радионуклидами и тяжелыми металлами, поскольку среди семи выборок *T. pratense* и четырех групп *A. caliginosa*, обитающих на участках с разным уровнем техногенного загрязнения почвы, количество реально существующих кластеров среди групп и растений, и животных составило $K = 1$.

В исследованиях хронического радиационного воздействия на сосну обыкновенную *Pinus sylvestris* показано повышение эффективного числа аллелей относительно значений для фоновой популяции. Однако в нашей работе достоверных различий по показателю N_e не установлено, что может быть связано со сложным характером загрязнения (радионуклиды и тяжелые металлы). Повышение доли редких аллелей на загрязненных участках как для *T. pratense* (участок 6), так и для *A. caliginosa* (участки 1 и 2) соотносится с выводом об увеличении



Аллельное разнообразие (А) и основные показатели генетического полиморфизма (Б) выборки *T. pratense*.

числа редких аллелей в условиях антропогенной нагрузки и их значительном вкладе в аллельное разнообразие популяции (Волкова, Гераськин, 2013).

ЛИТЕРАТУРА

Волкова П.Ю., Гераськин С.А. Полиморфизм антиоксидантных ферментов в хронически облучаемых популяциях сосны обыкновенной // Экологическая генетика. 2013. Т. XI. № 3. С. 48–62.

Иевлев А.А. Водный промысел в Коми АССР – предтеча атомной промышленности Советского Союза // Военно-исторический журнал. 2011. № 2. С. 45–47.

Peakall R., Smouse P.E. GenAlEx 6.5: genetic analysis in Excel. Population genetic software for teaching and research – an update // Bioinformatics, 2012. V. 28. P. 2537–2539.

Sato S., Isobe S., Asamizu E., Ohmido N., Kataoka R., Nakamura Y., Kaneko T., Sakurai N., Okumura K., Klimenko I., Sasamoto S., Wada T., Watanabe A., Kohara M., Fujishiro T., Tabata S. Comprehensive Structural Analysis of the Genome of Red Clover (*Trifolium pratense* L.) // DNA Research, 2005. V. 12. P. 301–364.

Vos R., Hogers R., Bleeker M., Reijans M., Lee T., Hornes M., Frijters A., Pot J., Peleman J., Kuiper M. AFLP: A new technique for DNA fingerprinting // Nucleic Acids Research, 1995. V. 23. P. 4407–4414.

ЭФФЕКТЫ ПРОДЛЕНИЯ ЖИЗНИ, ВЫЗВАННЫЕ У ОСОБЕЙ *DROSOPHILA MELANOGASTER* ПАН-НЕЙРОНАЛЬНОЙ СВЕРХЭКСПРЕССИЕЙ ГЕНОВ-РЕГУЛЯТОРОВ ЦИРКАДНЫХ РИТМОВ В УСЛОВИЯХ РАЗЛИЧНЫХ РЕЖИМОВ ОСВЕЩЕНИЯ

И.А. Соловьев², Е.В. Добровольская¹, М.В. Шапошников¹, М.А. Шептяков³, А.А. Москалев³

¹ Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар

² Сыктывкарский государственный университет им. Питирима Сорокина, г. Сыктывкар

³ Московский физико-технический институт (государственный университет), г. Москва

E-mail: ilyasolov-ev-ksc@yandex.ru

Экспрессия генов циркадных ритмов значительно изменяется в процессе старения животных. Мы проанализировали динамику возрастных изменений транскрипционной активности генов *cry*, *clk*, *per*, *cyc*, *tim* дрозофилы линии *w¹¹¹⁸* на 5, 35 и 50 сут., доступные данные по линии *w¹¹¹⁸* и сравнили их с профилями экспрессии гомологичных и ортологичных последовательностей характерными для других животных, в результате было выявлено угнетение экспрессии генов центрального осциллятора с возрастом (Добровольская и др., 2016; Solovyov et al., 2016).

Цель исследования – попытка повлиять на процесс старения и формирования ответа организма на непрерывное освещение *D. melanogaster* посредством компенсации зависимой от возраста недостаточности экспрессии генов циркадных ритмов в нервной системе.

При постановке эксперимента использовались линии *w; UAS-cry12/TM2*; *w; UAS-HA-Clk #sit*; *y, w; UAS-cry24/CyO*; *w; UAS-per10*; *w; UAS-per2.4*; *w; P{UAS-CYC.HA}*; *y, w; tim⁺*; *P{tim+HA}2*, драйверная линия с мифепристон-индуцибельным, экспрессирующимся в нейронах транскрипционным фактором, – *y; P{ELAV-GeneSwitch-GAL4}*. Для оценки статистической значимости различий по распределению смертности в выборках применяли критерий Колмогорова-Смирнова, для сравнения различий по медианной продолжительности жизни – критерий Гехана-Бреслоу-Вилкоксона. Достоверность различий по максимальной продолжительности жизни (возрасту 90%-ной смертности) оценивали с помощью метода Ванг-Аллисона. Для сверхактивации генов использовали *UAS-GAL4 RU486*-индуцибельную си-

стему. В ходе исследования были изучены параметры продолжительности жизни (ПЖ) дрозophil, проживавших в режиме 12 ч свет/12 ч темнота, а также непрерывного освещения (на фоне индукции экспрессии в нервной системе). Для оценки периода колебаний показателей локомоторной активности дрозофилы в течение всей жизни использовали установку DAM-system (TriKinetics Inc., USA), в которой мухи содержались на питательной среде в условиях постоянной темноты. При построении периодограмм применяли спектральный метод (преобразование Фурье).

Результаты показали, что прирост медианной ПЖ составил 11.2% у самцов линии со сверхэкспрессией гена *cyc* ($p < 0.001$). Увеличение времени 90%-ной смертности отмечалось у самцов, сверхэкспрессирующих *per2.4* и составило 24% ($p < 0.0001$). У самок со сверхактивированным *cry12* обнаружен 11.8%-ный прирост времени 90%-ной смертности ($p < 0.0001$). Самки линии со сверхэкспрессией гена *cry24* показали медианную продолжительность жизни на 33.3% больше контрольной группы ($p < 0.0001$), прирост времени 90%-ной смертности составил у них 11% ($p < 0.0001$). Увеличение медианной ПЖ на 25% было обнаружено и в случае со сверхактивацией у самок *per2.4* ($p < 0.05$), а также у линии, сверхэкспрессирующей *per10* на 6.4% соответственно ($p < 0.05$). Отмечен эффект 16.4%-ного увеличения возраста 90%-ной смертности у самок линии, сверхэкспрессирующей при индукции мифепристоном *tim* ($p < 0.0001$), наряду с приростом медианной ПЖ у них же, составляющим 6.25% ($p < 0.001$). Таким образом, получены доказательства способности генов циркадных ритмов снижать нега-

тивные эффекты непрерывного освещения. При сверхэкспрессии *cry24* в головах самок период ритм локомоторной активности на 40–46 сут. удалось сохранить, в то время как контрольная группа в том же возрасте характеризовалась аритмичностью. У самок линии *w; UAS-per10/ELAV* на 5–10 сут. в контрольной группе к 40 сут. наблюдали увеличение периода до 30 ч, у опытной группы этот период оставался равным 24 ч, это позволяет заключить, что компенсация возраст-зависимой недостаточности *per* у дрозофилы нивелирует эндогенный возраст-зависимый десинхронизм.

Увеличение медианной продолжительности жизни при сверхэкспрессии *cry12* может быть объяснено с позиций биологии окислительно-восстановительных процессов. Так, высокая концентрация криптохромов у *D. melanogaster* приводит к генерации активных форм кислорода их функциональными единицами, ранее эти флавопротеины считались антиоксидантами, отсюда природа геропротекторного эффекта, наблюдаемого при сверхэкспрессии криптохрома, сходна с гормезисом, регистрируемым при индукции у экспериментальных животных оксидативного стресса прооксидантами (Arthaut et al., 2017). Следует отметить, что данный тезис находит подтверждение при анализе полученных в ходе изучения стрессоустойчивости данных. Сверхэкспрессируя криптохром на третьей (*cry12*) либо на второй (*cry24*) хромосомах, мы осуществляем прекодиционирование организма плодовой мушки к оксидативному стрессу, вследствие чего выживаемость значительно выше именно у особей опытной группы, с индуцированной экспрессией трансгена. Следует от-

метить, что ген *per*, если не брать во внимание вариант конструкции, единственный в настоящем исследовании при сверхэкспрессии продлевает жизнь особям обоих полов, действуя как нейропротектор и модулятор синтеза глутатиона (Krishnan et al., 2009).

Работа выполнена в рамках государственного задания по темам «Молекулярно-генетические механизмы старения, продолжительности жизни и стрессоустойчивости *Drosophila melanogaster*» № гос. регистрации АААА-А18-118011120004-5 и «Комбинация факторов различной природы (пониженная температура, отсутствие освещения, ограничительная диета и воздействие геропротектора) для максимального увеличения продолжительности жизни особей рода *Drosophila*» № 18-7-4-23, № гос. регистрации АААА-А18-118011120008-3.

ЛИТЕРАТУРА

- Добровольская Е.В., Соловьев И.А., Прошкина Е.Н., Москалев А.А. Влияние сверхактивации генов циркадных ритмов в различных тканях на стрессоустойчивость и продолжительность жизни *Drosophila melanogaster* // Теоретическая и прикладная экология. 2016. № 3. С. 32–40.
- Arthaut L.D., Jourdan N., Mteyrek A., Procopio M., El-Esawi M., d'Harlingue A., Bouchet P.-E., Witczak J., Ritz T., Klarsfeld A., Birman S., Usselman R. J., Hoecker U., Martino C. F., Ahmad M. Blue-light induced accumulation of reactive oxygen species is a consequence of the *Drosophila* cryptochrome photocycle // PloS one. 2017. V. 12. №. 3. P. e0171836.
- Krishnan N. et al. The circadian clock gene period extends healthspan in aging *Drosophila melanogaster* // Aging (Albany NY), 2009.V. 1. №. 11. P. 937.
- Solovyov I.A., Dobrovolskaya E.V., Moskalev A.A. Genetic control of circadian rhythms and aging // Russian journal of genetics. 2016. V. 52. №. 4. P. 343–361.

ЭКОТОКСИКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРИРОДНЫХ ВОД С ТЕРРИТОРИИ ЗАКОНСЕРВИРОВАННОГО ХРАНИЛИЩА РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ (ПОСЕЛОК ВОДНЫЙ, РЕСПУБЛИКА КОМИ)

Е.В. Чебан, И.С. Боднарь
Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар

В конце 2015 г. завершили работы по консервации хранилища радиоактивных отходов на берегу р. Ухты в пос. Водный (ГО Ухта, Республика Коми). С территории вывезены металлические и древесные отходы, загрязненные радионуклидами, выполнены работы по сооружению противофильтрационной завесы типа «стена в грунте», лучевого дренажа, гидронаблюдательных скважин, дренажных траншей и верхнего защитного экрана (Проект по реабилитации..., 2012). После закрытия радиевых заводов, функционировавших на данной территории с 1931 по 1957 г., здесь уже проводили частичную дезактивацию территории насыпным методом (1962 г.). Тем не менее через 50 лет здесь фиксировали высокий уровень радиации (до 3500 мкР/ч), хранилище представля-

ло опасность для населения и оказывало негативное влияние на окружающую среду. Со временем произошел вынос урана и радия в дезактивирующий слой, а также в произрастающую на данной территории растительность (Шапошникова, Шуктомова, 2015; Рачкова, Шапошникова, 2017).

Цель данной работы – оценка токсичности вод с законсервированного хранилища радиоактивных отходов в пос. Водный Республики Коми биоиндикационным методом.

В качестве тест-объекта выбрана ряска малая (*Lemna minor* L.), которая используется при оценке токсичности вод при химическом загрязнении, в том числе и радионуклидами. Отбор проб проводили в сентябре 2016 г., июне и сентябре 2017 г. Места отбора проб рас-

положены по течению р. Ухты: 1) участок выше по течению реки, 26 км от хранилища РАО, выбран в качестве фонового, 2) выше по течению реки, 100 м до хранилища РАО, 3) р. Ухта, хранилище РАО, 4) сток из дренажных колодцев с территории хранилища РАО, 5) р. Ухта, до 100 м ниже хранилища РАО, 6) р. Ухта ниже участка Крохаль (участок за пределами хранилища, загрязнен радием).

В качестве отрицательного контроля использовались растения, культивируемые на среде Штейнберга. Через семь дней после начала эксперимента определяли удельную скорость роста, повреждения листовидной поверхности, площадь фрондов, через четыре дня – уровень малонового диальдегида (МДА) с помощью ТБК-теста (Молекулярно-генетические..., 2011).

Основными загрязнителями вод до консервации объекта являлись радионуклиды радий и уран, помимо этого в воде в избыточном количестве присутствовали ионы бария, который использовался в технологическом производстве при функционировании радиевых заводов. После консервации хранилища радиоактивных отходов в декабре 2015 г. активность воды отвечала нормам радиационной безопасности, уровень γ -излучения снизился до 60 мкР/час.

Особенностью данных вод является низкая минерализация, недостаток таких макроэлементов, как кальций, магний, калий, что повлияло на морфометрические характеристики, в том числе скорость роста растений, выращенных на природной воде. Удельная скорость роста ряски на воде с участков выше свалки имеет сезонную динамику. Наиболее низкая скорость роста отмечалась в октябре 2017 г. Анализ воды р. Ухта, отобранной в месте, куда идет сток с хранилища, в первый год после консервации показал, что удельная скорость роста ряски существенно выше, чем на участках выше по течению р. Ухты ($p \leq 0.05$). По сравнению с контролем (среда Штейнберга) скорость роста ниже на 20%. В динамике происходило снижение удельной скорости роста, токсичность воды для ряски возрастает. Уже летом 2017 г. скорость роста ряски на воде с хранилища и отобранной выше по течению совпадали. Темпы роста ряски на воде с дренажных колодцев на территории хранилища в динамике не снижались и выше, чем на всех других участках. Консервация хранилища РАО повлияла на скорость роста ряски на воде ниже по течению р. Ухта на «радиовом участке» (загрязнен радием после ликвидации производства), наблюдалась динамика, аналогичная с участками на территории хранилища: в первый год после консервации скорость роста высокая, затем происходило постепенное снижение до уровня территории выше по течению. В октябре 2017 г. удельная скорость роста ряски, выращенной на воде с хранилища РАО, снизилась на 47%, ниже по течению – на 53%, на радиовом участке – на 31%

по сравнению с аналогичным периодом 2016 г.

Анализ данных по изменению площади листовидной поверхности ряски (фрондов) показал, что существенных отличий по сезонам нет, сокращения площади фрондов не происходило при культивировании ряски на воде, отобранной на всех участках.

Листовидную поверхность ряски малой называют фрондом (щитком, листецом). При действии неблагоприятных факторов появились повреждения поверхности фрондов в виде некрозов и хлорозов. Изменение уровня поврежденных фрондов у ряски, выращенной на природной воде, отобранной выше хранилища, имело сезонную динамику. Наибольшее число фрондов с хлорозами и некрозами было летом 2017 г. Уровень поврежденных растений, выросших на воде, отобранной в реке рядом с хранилищем, составил 20%, на радиовом участке в Крохале – до 5%, т.е. не выше, чем в отрицательном контроле. Через год после консервации доля поврежденных растений возросла до 80–100%. Определен уровень окислительного стресса у растений, выращенных на воде, отобранной через год после консервации. Показано, что уровень малонового диальдегида, который служил в качестве индикатора окислительного стресса, выше у растений, выращенных на воде, отобранной летом 2017 г. ниже по течению реки, с радиового участка, чем у растений, культивировавшихся на воде, отобранной на фоновой территории ($p \leq 0.05$).

Низкая минерализованность природных вод, сезонная динамика оказывали существенное влияние на качество вод (Боднар и др., 2017). Ростовые характеристики ряски, культивированной на этой воде, снижены. После консервации хранилища радиоактивных отходов токсичность воды заметно снижена на импактных участках. В то же время через год, как показал анализ данных морфометрических изменений у ряски, положительные изменения нивелировались, за исключением воды из дренажных колодцев. Химический анализ показал, что в воде, отобранной в непосредственной близости с хранилищем РАО, ниже по течению реки, в первый год после консервации содержится больше кальция, магния, чем на фоновом участке, через год содержание макроэлементов снижается. Вода из дренажных колодцев на два года тестирования оказалась наименее токсичной для ряски малой, в ней высокое содержание кальция, магния, нет повышенных концентраций опасных токсичных тяжелых металлов.

ЛИТЕРАТУРА

Боднар И.С., Чебан Е.В., Зайнуллин В.Г. Эко-токсикологическая оценка поверхностных вод с территории хранилища радиоактивных отходов (пос. Водный, Республика Коми) с использованием ряски малой (*Lemna minor* L.) // Известия Коми НЦ УрО РАН. 2017. № 3. С. 34–39.

Молекулярно-генетические и биохимические методы в современной биологии растений / Под ред. Вл.В. Кузнецова, В.В. Кузнецова, Г.А. Романова. М.: БИНОМ, 2011. С. 348–349.

Проект по реабилитации территории: заводы № 1, № 7 и хранилище отходов (Республика Коми, пгт. Водный). 2012. <http://rosrao.ru/>.

Рачкова Н.Г., Шапошникова Л.М. Аккумуляция урана и радия-226 водными и наземными мха-

ми в зоне влияния бывших объектов по добыче радия // Современные проблемы науки и образования. 2017. № 3. С. 146. <https://elibrary.ru/item.asp?id=29452413>.

Шапошникова Л.М., Шуктомова И.И. Последствия применения насыпного метода дезактивации на примере радиевого промысла // Экология. 2015. № 3. С. 237–240.

Секция 5 ФИЗИОЛОГИЯ, БИОХИМИЯ И БИОТЕХНОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ И МИКРООРГАНИЗМОВ

ВЛИЯНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ БОКСИТОВОЙ ПЫЛЬЮ НА ЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ И АНАТОМИЮ ЛИШАЙНИКА *LOBARIA PULMONARIA* L.

М.С. Атоян¹, Р.В. Малышев²

¹ Сыктывкарский государственный университет им. Питирима Сорокина, г. Сыктывкар

² Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар

Лишайники являются неотъемлемым компонентом многих экосистем и растительных сообществ. По разным оценкам в мире насчитывается от 17 до 20 тыс. видов. Это – устойчивая, саморегулирующаяся ассоциация гриба и водорослей. Они влияют на функционирование наземных экосистем, участвуют в почвообразовании, поддержании водного и теплового баланса в лесах и тундрах. Разнообразие и распространение лишайников в значительной степени определяется экологическими условиями. В Республике Коми на долю лесных площадей приходится около 78% территории, из которых более чем на 80% преобладают хвойные леса. В настоящее время для таежной зоны республики известно 866 видов лишайников (Пыстина, Херманссон, 1998).

Общепризнано, что лишайники, отличающиеся свойством аккумулировать поллютанты, являются наиболее удобными объектами для биоиндикации состояния окружающей среды (Бязров, 2002; Walker, Pystina, 2006).

Деятельность предприятий минерально-сырьевого комплекса приводит к загрязнению биосферы продуктами добычи и переработки полезных ископаемых. Ряд химических элементов и их соединений оказывается в отвалах пустой породы и техногенных наносах. Они способны трансформироваться и мигрировать, оказывая негативное влияние на компоненты природной среды. Северные экосистемы отличаются сравнительно низким потенциалом самоочищения и самовосстановления, что повышает их уязвимость при техногенных воздействиях.

Средне-Тиманское месторождение бокситов – крупнейшее месторождение бокситовой руды в Евразии. Свыше 90% запасов руды добывается открытым способом. Основным загрязнителем является бокситовая пыль, которая образуется на всех этапах производства. С 2002 г. сотрудниками Института биологии Коми НЦ УрО РАН проводится мониторинг влияния разработки бокситов на разнообразие и жизнен-

ное состояние лишайников. За период наблюдений (2002–2015 гг.) видовое разнообразие лишайников практически не изменилось, но показатели обилия и жизненного состояния заметно ухудшились (Пыстина, Кузнецова, 2015). На большинстве талломов наблюдается налет красной бокситовой пыли. Пылеватые частицы и содержащиеся в них химические вещества могут проникать внутрь и оказывать токсическое действие. В составе бокситовой пыли присутствуют окиси алюминия, железа, кремния, соединения тяжелых металлов.

Цель данной работы – оценить накопление металлов и место их локализации в талломах лишайника при загрязнении бокситовой пылью.

Лишайники отбирали в августе 2017 г. в старовозрастных ельниках зеленомошной группы. Фоном служила наиболее удаленная от промышленной зоны территория, сильно загрязненный участок находился вблизи шихтовального склада. Объектом исследований служили талломы эпифитного листоватого трехкомпонентного лишайника *Lobaria pulmonaria* L. (Hoffm.). Анализ элементного состава лишайников выполняли с применением метода оптической эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой на приборе «SPECTRO CIROS-CCD». Проникновение бокситовой пыли в толщу таллома оценивали на срезах из центральной части увлажненного живого таллома лишайника. Фотофиксацию проводили на микроскопе «Nikon Eclipse 80i».

О степени загрязнения ландшафтов в ходе добычи бокситовой руды можно судить по аккумуляции химических элементов в талломах лишайников, отобранных на различных участках. По накоплению в биомассе макро- и микроэлементов на фоновом участке можно выстроить следующий ряд: $K > Ca > P > S > Mg > Al > Fe > Mn > Zn > Cu > Ni$, на сильно загрязненном участке соответственно $Fe > Al > K > Ca > Mg > S > P > Mn > Zn > Cu > Ni$. Содержание химических элементов на фоновом участке

составляло около 12, на загрязненном – 55 мг/г сухой массы. Содержание железа и алюминия в талломах достигало 20 тыс. мг/кг, или 2% сухой биомассы, что в 50 и 40 раз больше, чем на условно чистом участке. Это свидетельствует о значительном загрязнении среды на территории, примыкающей к месту складирования бокситовой руды.

При загрязнении бокситовой пылью значительная часть попадающих в окружающую среду соединений металлов (прежде всего алюминия и железа) представлена в виде окислов, имеющих низкую растворимость. Твердые частицы бокситовой пыли, попадая на лишайники, концентрируются на их поверхности и могут смываться с лишайников атмосферными осадками. Поэтому общее содержание металлов может изменяться в зависимости от погодных условий. Чтобы получить представление о локализации металлов, мы провели промывку водой талломов, собранных на чистом и загрязненном участках. Как показал анализ, с поверхности и из межклеточного пространства корового слоя талломов вымылось более 60% макро- и микроэлементов, их содержание уменьшилось в три раза. Значительная часть была представлена соединениями Fe, Al. В этой фракции обнаружено также 30–35% всего Mn, Co, Ni, Pb и Cu. Полученные данные свидетельствуют о значительных количествах ионов металлов из бокситовой пыли, находящихся во внутриклеточном пространстве лишайника. Тот факт, что ионы металлов попадают во внутриклеточное пространство лишайника, подтверждается на анатомических срезах талломов. Как показали исследования, хотя большая часть бокситовой пыли сосредоточена на коровой части талломов, на микропрепаратах хорошо видно включение бокситовой пыли в клеточное пространство.

Итак, нами выявлена реакция лишайников на загрязнения среды при добыче бокситовой руды. В талломах лишайников, обитающих в зоне влияния Средне-Тиманского бокситового месторождения, обнаружены в значительных количествах алюминий, железо, марганец, цинк и другие металлы. На наиболее загрязненном участке концентрации Al и Fe в талломах *Lobaria pulmonaria* были значительно выше, чем на фоновом. Несмотря на то, что значительная часть Fe и Al локализована в коровом слое таллома, полученные данные свидетельствуют и о значительном поступлении макро- и микроэлементов в клетки таллома.

Работа выполнена в рамках темы «Физиология и стресс-устойчивость фотосинтеза растений и пикногидрических фотоавтотрофов в условиях Севера» (№ ГР АААА-А17-117033010038-7) и поддержана грантом Комплексной программы УрО РАН (проект 15-12-4-4).

ЛИТЕРАТУРА

- Бязров Л.Г. Лишайники в экологическом мониторинге. М.: Научный мир, 2002. 336 с.
- Пыстина Т.Н., Кузнецова Е.Г. Оценка степени загрязнения растительности и почв в зоне воздействия Средне-Тиманского бокситового рудника // Механизмы устойчивости и адаптации биологических систем к природным и техногенным факторам: Материалы Всероссийской научной конференции. Киров: «Веси», 2015. С. 314–317.
- Херманссон Я., Пыстина Т.Н., Кудрявцева Д.И. Предварительный список лишайников Республики Коми. Сыктывкар, 1998. 136 с.
- Walker T.R., Pystina T.N. The use of lichens to monitor terrestrial pollution and ecological impacts caused by oil and gas industries in the Pechora Basin, NW Russia // *Herzogia*. 2006. V. 19. P. 229–238.

СОЗДАНИЕ КОНСОРЦИУМА МИКРОВОДОРОСЛЕЙ С ОПТИМАЛЬНЫМ СОСТАВОМ И ТИТРОМ КЛЕТОК

А.В. Гогонин, И.В. Новаковская
Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар
E-mail: algogonin@gmail.com

Россия – одно из богатейших государств планеты по запасам пресных природных вод, в том числе и по количеству воды, сосредоточенной в озерах. На ее территории насчитывается более 2.7 млн. озер с суммарной площадью водной поверхности почти 409 тыс. км². Однако большинство озер в России (98%) – небольшие (менее 1 км²) и мелководные (глубина – 1.0–1.5 м), они наиболее уязвимы в условиях антропогенного воздействия (Гудков, 2002). Аналогичная ситуация характерна и для Республики Коми, на территории которой сосредоточено примерно 3.5 тыс. рек, а также большое количество озер (Государственный..., 2015). В связи с этим важное значение имеет охрана водных ресурсов от загрязнения, создание экологиче-

ски чистых и приемлемых технологий очистки водных ресурсов.

Цель данной работы – оценка и подбор наиболее эффективных консорциумов микроводорослей (МВ) с оптимальным титром клеток в качестве биологических агентов для очистки сточных вод от основных загрязняющих веществ.

Для проведения эксперимента нами выбраны следующие штаммы водорослей: *Eustigmatos magnus* (B.-Peters.) Hibberd, *Coelastrum proboscideum* Bohlin in Wittrock, *Chlorella vulgaris* f. *globosa* V.M. Andreyeva и *Acutodesmus obliquus* (Turpin) Hegewald & Hanagata.

Биомасса МВ нарабатывалась в 250-миллиметровых колбах на двух питательных сре-

дах Люка и Тамия (Питательная..., 2015; Tamiya, 1966). Затем биомассой МВ инокулировали сточную воду объемом 1% от общего количества исследуемой воды в 1.5 л. Нами сконструировано шесть консорциумов МВ на основе изучаемых штаммов (табл. 1). В течение суток проводился барботаж жидкости воздухом с помощью компрессора при комнатной температуре и освещении фитолампой. Контролем служила сточная вода без внесения инокулянта.

Спустя сутки пробы были проанализированы в экоаналитической лаборатории на изменение содержания основных загрязняющих веществ (табл. 2).

Трансформация фенолов происходила только в эксперименте с консорциумом водорослей на среде Тамия, в составе которой – *Ch. vulgaris*, *E. magnus*, *C. proboscideum*. В остальных вариантах МВ, по-видимому, осуществляют деструкцию высокомолекулярных гуминовых и фульвокислот, присутствующих в сточной воде аэротенков, до молекулярных фенолов (Lika, 2009).

Особое внимание следует обратить на консорциум штаммов, культивированный на среде Тамия, включающих *Ch. globosa*, *C. proboscideum* и *E. magnus* с титром клеток 10^6 кл./л. При введении в испытуемую пробу этого консорциума в единственном случае эксперимента зафиксировано снижение содержания фенола. В этой же пробе наблюдается наибольшее снижение содержания алюминия.

Достаточно неплохие показатели по сравнению с контролем по аккумуляции алюминия, фосфора и нитратного азота показал консорциум штаммов *C. proboscideum*, *E. magnus* с титром 10^5 кл./л.

Все консорциумы с невысоким титром клеток (10^4 кл./л) показали поглотительную и деструктивную эффективность по отношению к основным загрязняющим веществам сточной воды.

Таким образом, на основании проведенного скрининга консорциумов микроводорослей в качестве биологических агентов были выявлены две культуры – *E. magnus* и *C. proboscideum*, введение которых в пробы наиболее эффективно

Таблица 1
Культуры микроводорослей и их консорциумы

№	Состав консорциумов, введенных в сточную воду	Титр кл./мл
1	<i>Ch. globosa</i> , <i>C. proboscideum</i> , <i>E. magnus</i> (Тамия)	10^6
2	<i>Ch. globosa</i> , <i>C. proboscideum</i> , <i>E. magnus</i> (Люка)	10^6
3	<i>Ch. globosa</i> , <i>C. proboscideum</i>	10^5
4	<i>C. proboscideum</i> , <i>E. magnus</i>	10^5
5	<i>Ch. globosa</i> , <i>E. magnus</i>	10^4
6	<i>C. proboscideum</i> , <i>E. magnus</i>	10^4
7	<i>Ch. globosa</i> , <i>A. obliquus</i>	10^4

Таблица 2
Снижение содержания основных загрязняющих веществ в сточной воде, взятой из аэротенков, при введении в нее консорциумов микроводорослей

Обозначение консорциумов	Al, мкг/дм ³	Фенол, мкг/дм ³	NO ₃ ⁻ , мг/дм ³	NO ₂ ⁻ , мг/дм ³	N _{общ.} , мг/дм ³	Fe, мг/дм ³	P _{общ.} , мг/дм ³
<i>Ch. globosa</i> , <i>C. proboscideum</i> , <i>E. magnus</i> (Тамия)	+	+	+	–	–	–	+
<i>Ch. globosa</i> , <i>C. proboscideum</i> , <i>E. magnus</i> (Люка)	+	+	+	–	–	–	+
<i>Ch. globosa</i> , <i>C. proboscideum</i>	–	–	+	+	–	–	–
<i>C. proboscideum</i> , <i>E. magnus</i>	+	+	+	–	+	–	+
<i>Ch. globosa</i> , <i>E. magnus</i>	+	–	–	–	+	–	+
<i>Ch. globosa</i> , <i>A. obliquus</i>	–	–	–	–	+	–	+

Примечание: прочерк – различия выборок не достоверны при $p < 0.95$; «+» – различия выборок достоверны при $p > 0.95$.

очищало сточную воду от основных загрязняющих веществ (табл. 2). Консорциум *E. magnus* и *C. proboscideum* наиболее эффективен в процессе изъятия загрязняющих веществ из сточной воды. Из семи групп исследованных поллютантов данный пул снижал концентрацию по пяти группам: NO₃⁻, N_{общ.}, P_{общ.}, Al и фенол.

ЛИТЕРАТУРА

Государственный доклад «О состоянии окружающей среды Республики Коми в 2015 году» // Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Коми, ГБУ РК «ТФИ РК». Сыктывкар, 2016. 173 с.

Гудков А.Г. Биологическая очистка городских сточных вод: учеб. пособие. Вологда: Изд-во ВоГТУ, 2002. 127 с.

Lika K., Papadakis I.A. Modeling the biodegradation of phenolic compounds by microalgae // Journal of Sea Research, 2009. P. 135–146.

Tamiya H. Synchronous cultures of algae // Annual Rev. Plant Physiol. 1966. Vol. 17. P. 1–26.

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ДЫХАНИЕ, ТЕПЛОТЫДЕЛЕНИЕ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЗАПАСАНИЯ ЭНЕРГИИ В МОЛОДЫХ ТКАНЯХ БОРЩЕВИКА СОСНОВСКОГО

Р.В. Малышев, И.В. Далькэ, С.П. Маслова
Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар
E-mail: malrus@ib.komisc.ru

Важным экологическим фактором, ограничивающим рост и развитие растений в условиях сезонного климата, является температура.

На основе оценки реакции метаболизма растений на изменение температуры можно оценить адаптивные возможности видов, прогно-

зировать их рост в разных климатических условиях. В современном мире все большее распространение получают инвазивные виды, которые могут оказывать значительное влияние на биоразнообразие природных экосистем и культурных фитоценозов. Один из таких видов – *Heracleum sosnowskyi* Manden. – многолетнее монокарпическое растение, естественный ареал распространения которого находится на территории Кавказа. *H. sosnowskyi* широко культивировали как высокопродуктивное силосное растение на северо-западе европейской России (Сацыперова, 1984). В условиях подзоны средней тайги Республики Коми моновидовые заросли *H. sosnowskyi* встречаются повсеместно (Chad-in et al., 2017). Изучение эколого-физиологических свойств *H. sosnowskyi*, потенциальных возможностей его метаболизма актуально в связи с обоснованием теоретических границ ареала инвазивного вида, построения модели распространения в бореальной зоне.

Цель работы – выявить влияние температуры на дыхание, тепловыделение и эффективность запасаения энергии в тканях проростков и почек возобновления *H. sosnowskyi* в связи с оценкой границ распространения и продвижения инвазивного вида на север. Исследования проводили на растениях *H. sosnowskyi*, формирующих моновидные заросли вблизи г. Сыктывкара в 2016–2017 гг. Изучали температурную зависимость метаболической активности проростков (фаза семядольных листьев, I декада апреля, и образование первого настоящего листа, III декада апреля) и почек возобновления (конец мая и начало октября). Скорость дыхания определяли с помощью ИК-газоанализатора Li-7000 в диапазоне температур от -12 до $+35$ °C. Интенсивность тепловыделения, дыхания и эффективности запасаения энергии оценивали с использованием метода биологической калориметрии и модели роста (Hansen et al., 1994) в диапазоне температур $2-30$ °C. Температуру заморзания воды в проростках оценивали дифференциальным сканирующим калориметром DSC-60 Shimadzu.

Выявлено, что проростки растений *H. sosnowskyi* в фазе формирования семядольных листьев ранней весной под снегом (начало апреля) характеризуются сравнительно высокой скоростью роста, рассчитанной в эквивалентах запасаения энергии, в диапазоне температур от 5 до 30 °C. Низкие положительные температуры благоприятны для роста проростков в этот период: доля тепловой диссипации энергии в тканях проростков при 5 °C составляла 20%, что в три раза меньше по сравнению с тканями, прогретыми до $25-30$ °C. Это говорит об устойчивости и эффективном метаболизме проростков при низких положительных температурах и соответствует температурному режиму почвы на глубине узла кущения ранней весной ($0, -1$ °C).

Показано, что дыхательная способность проростков (при 20 °C) *H. sosnowskyi* в фазе семядольных листьев составляла около 0.7 мг $\text{CO}_2/\text{г}$ сухой массы ч и возрастала в 2.5 раза в период формирования первого настоящего листа. Усиление дыхательной активности обеспечивает энергией процессы роста и развития молодых тканей проростков ранней весной под снегом при низких температурах в природных условиях. Выявлен сдвиг температурного оптимума роста проростков в соответствии с изменениями термических условий среды. Экспоненциальный рост скорости дыхания проростков в фазу первого настоящего листа отмечен при более высоких температурах ($20-35$ °C), чем у проростков, формирующих семядольные листья под снегом ($5-20$ °C). Это свидетельствует о пластичности и запасае прочности метаболизма *H. sosnowskyi* на ранних стадиях развития растений. Проростки *H. sosnowskyi* способны поддерживать дыхательную активность при кратковременном действии низких отрицательных температурах (до -12 °C) в весенний период. Выявлено, что температура заморзания свободной воды тканей проростков составляла около -8 °C и была на порядок ниже, чем температуры почвы в зоне узла кущения весной. Это обеспечивает надежную защиту проросткам растений *H. sosnowskyi* во время весенних заморозков.

Отрастание растений весной осуществляется за счет фонда семян и подземных почек возобновления, которые закладываются на стебле-корне и перезимовывают. Калориметрические исследования показали, что скорость тепловыделения в тканях верхушечной почки *H. sosnowskyi* возрастала линейно при прогревании тканей от 2 до 30 °C не зависимо от сезона вегетации. Скорость тепловыделения в тканях верхушечных почек составляла около 25 мкВт/мг сухой массы при 20 °C, что сравнимо со скоростью тепловыделения у отрастающих почек кустарничков (*Vaccinium myrtillus*) и древесных (*Syringa josikaea* и *S. vulgaris*) растений (Малышев и др., 2017). Весной верхушечные почки реагировали большим усилением метаболизма при прогревании тканей до $25-30$ °C по сравнению с почками в осенний период. Осенние почки характеризовались сравнительно высокой скоростью запасаения энергии при низких температурах $2-5$ °C, когда доля тепловой диссипации энергии не превышала 20%. Выявлена сравнительно высокая, около 5 мг $\text{CO}_2/\text{г}$ сухой массы ч, дыхательная способность верхушечной почки в осенний период. Эти результаты говорят об эффективном метаболизме осенних почек возобновления, у которых отсутствует глубокий покой. В этот период осуществляются морфогенетические процессы, связанные с делением и дифференциацией клеток и тканей, происходит адаптация меристематических тканей к температурному режиму при перезимовке.

В целом, показано соответствие метаболической активности молодых тканей растений *H. sosnowskyi* к температурному режиму почвы и воздуха в условиях среднетаежной подзоны, что обеспечивает растениям адаптацию к низким температурам в зимний период и высокие темпы роста ранней весной. Полученные данные свидетельствуют о потенциальных возможностях продвижения инвазивного вида в более северные широты, в подзону северной тайги и лесотундры.

Работа выполнена в рамках проекта РФФИ № 16-44-110694 р_а «Эколого-физиологическое моделирование географических пределов распространения инвазивных видов растений на примере борщевика Сосновского в таежной зоне европейской части России».

ЛИТЕРАТУРА

- Сацыперова И.Ф. Борщевики флоры СССР – новые кормовые растения. Л.: Наука, 1984. 223 с.
- Малышев Р.В., Шелякин М.А., Головкин Т.К. Нарушение покоя почек влияет на дыхание и энергетический баланс побегов черники обыкновенной на начальном этапе роста // Физиология растений. 2016. Т. 63. № 3. С. 434–442.
- Hansen L.D., Hopkin M.S., Rank D.R., Anekonda T.S., Breidenbach W.R., Criddle R.S. The Relation Between Plant Growth and Respiration: A Thermodynamic Model // Planta. 1994. V. 194. P. 77–85.
- Chadin I., Dalke I., Zakhovskiy I., Malyshev R., Madi E., Kuzivanova O., Kirillov D., Elsakov V. Distribution of the invasive plant species *Heracleum sosnowskyi* Manden. in the Komi Republic (Russia) // PhytoKeys. 2017. Vol. 77. P. 71–80.

СРАВНИТЕЛЬНОЕ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ИОНОВ ЩЕЛОЧНОЗЕМЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛОВ НА ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТЬ *ESCHERICHIA COLI*

А.Ю. Маслова, В.С. Сибирцев, Н.А. Андреев, Чан Тхань Туан
Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет
информационных технологий, механики и оптики, г. Санкт-Петербург
E-mail: vs1969@mail.ru

Ионы металлов играют важную роль в жизнедеятельности любого живого организма. При этом ионы щелочных металлов (в первую очередь, такие как Na^+ и K^+) участвуют в работе клеточных насосов, обеспечивающих градиент ионной силы, а также электрохимического потенциала между средой, окружающей клетку, и гиалоплазмой последней. Ионы большинства остальных металлов помогают формировать и регулировать пространственную структуру как простых белков, так и сложных белковых комплексов, выполняющих в живом организме ферментативные, транспортные, структурные, моторные и иные важнейшие функции. Причем ионы щелочноземельных металлов (особенно такие как Mg^{2+} и Ca^{2+}) являются одними из наиболее распространенных катионов (помимо, естественно, H^+ , Na^+ и K^+), встречающихся как в окружающей среде, в целом, так и в составе любого живого организма.

В связи с этим интересным представлялось оценить воздействие различных концентраций ионов щелочноземельных металлов на жизнедеятельную активность *Escherichia coli*. При этом *E. coli* была выбрана в качестве тестового объекта потому, что она является общепринятым санитарно-показательным микроорганизмом. Кроме того, микроорганизмы в свою очередь в определенной степени могут служить моделью любого живого организма (включая человеческий).

Однако принятые в настоящее время в качестве стандартных при биотестировании процедуры оценки общей выживаемости микроорганизмов (закрывающиеся в большинстве случаев в визуальной оценке того, насколько ин-

гибируется или активируется по сравнению с контролем рост тестовых микроорганизмов в питательной среде после инкубации их в течение одних или нескольких суток в стерильных условиях при заданной температуре в присутствии тестируемых факторов) требуют для своего проведения достаточно значительных затрат материалов, времени и труда квалифицированного персонала, позволяя получать в результате лишь довольно субъективную и «статичную» информацию о летальных нарушениях жизнедеятельности тестовых организмов. В связи с этим перспективным представляется использование для данных целей различных инструментальных технологий, среди которых наиболее простыми в исполнении и универсальными являются оптические и электрохимические методы.

Всего было проведено три серии измерений. В каждую из пробирок, используемых для измерений, добавлялось по 4 мл тестовой среды (в качестве которой использовался водный раствор, содержащий 5 г/л глюкозы, 18 г/л белкового гидролизата, 2 г/л NaCl и около 10^6 кл/мл жизнеспособных тестовых микроорганизмов), а также от 0 (в случае контрольных пробирок) до 0.4 мл водного раствора с соответствующей концентрацией исследуемого катиона (по 5 шт. в параллель в случае как тестовых, так и контрольных пробирок). После чего все упомянутые пробирки закрывались, перемешивались и инкубировались при 37 ± 0.1 °C (оптимальной для роста и развития *E. coli*) в течение 8 ч. При этом непосредственно до начала инкубации и сразу после ее окончания в каждой из упомянутых пробирок регистрировались интенсив-

Общая степень активирования либо ингибирования (+/–) жизнедеятельности *E. coli* различными концентрациями ионов щелочноземельных металлов

Концентрация иона	0.03 М Ca ²⁺	0.01 М Ca ²⁺	0.003 М Ca ²⁺	0.03 М Mg ²⁺	0.01 М Mg ²⁺	0.003 М Mg ²⁺	0.003 М Sr ²⁺	0.001 М Sr ²⁺	0.0002 М Sr ²⁺	0.003 М Ba ²⁺	0.001 М Ba ²⁺	0.0002 М Ba ²⁺
ε_m , %	–35	–12	+3	–56	–23	+2	–41	–13	+10	–26	0	+17

ность упругого светорассеяния в видимой области спектра (*Iod*, нефелометрическим методом, с помощью анализатора «Флюорат-02-М» со светодиффузорами М1 и М2), рН (с помощью иономера «Эксперт-001» с комбинированным электродом «ЭСК-10601/7»), редокс потенциал (с помощью иономера «Эксперт-001» с комбинированным электродом «ЭРП-105») и удельная, линейная, низкочастотная электропроводность (*X*, с помощью кондуктометра «Эксперт-002» с погружным датчиком «УЭП-П-С», работающим на частоте 1.6 кГц). Далее все полученные значения усреднялись (сначала по пяти параллельным образцам внутри каждой серии измерений, а затем между сериями). И для каждого из усредненных значений рассчитывался 95%-ный доверительный интервал. После чего общая степень активирования либо ингибирования (+/–) жизнедеятельности тестовых микроорганизмов различными концентрациями катионов щелочноземельных металлов рассчитывалась по формуле $\varepsilon_m = \Sigma (\varepsilon_{Iod} + \varepsilon_{pH} + 0.4\varepsilon_E + 0.6\varepsilon_X) / 3$, где ε_{Iod} , ε_{pH} , ε_E и ε_X определялись по результатам измерений *Iod*, рН, *E* и *X* как $\varepsilon_i = 100(\Delta Y_t - \Delta Y_c) / \Delta Y_c$, где $\Delta Y_i = \Sigma_j (Y_{e_{i,j}} - Y_{b_{i,j}}) / 15$ – средние по выборке из 15 образцов разности значений *Iod*, рН, *E* либо *X* в начале (*Yb*) и в конце (*Ye*) инкубирования тестовой среды в присутствии различных количеств щелочноземельных металлов (ΔY_t) и в их отсутствие (ΔY_c).

Полученные результаты в самом общем виде приведены в таблице. При этом изменение *Iod* в большей мере характеризовало интенсивность роста и размножения тестовых микроорганизмов, а изменения рН, *E* и *X* – активность метаболизма тестовых микроорганизмов.

Из представленных данных можно сделать следующие выводы. Ионы Ca²⁺ и Mg²⁺ в концентрации 0.03 М ингибировали жизнедеятельность тестовых микроорганизмов на 35 и 56% соответственно; при концентрациях Ca²⁺ и Mg²⁺, равных 0.01 М, наблюдалось 12- и 23%-ное ингибирование жизнедеятельности *E. coli*, а при концентрациях Ca²⁺ и Mg²⁺, равных 0.003 М, имело место 3- и 2%-ное активирование жизнедеятельности *E. coli*.

Ионы Sr²⁺ и Ba²⁺ в концентрациях 0.005 М ингибировали жизнедеятельность тестовых микроорганизмов на 41 и 26% соответственно, а в концентрациях 0.001 М – на 13 и 0% соответственно, в то время как при концентрациях Sr²⁺ и Ba²⁺, равных 2·10^{–4} М, имело место 10- и 17%-ное активирование жизнедеятельности *E. coli*.

Таким образом по степени убывания ингибирующей (и возрастания активирующей) активности в отношении тестовых микроорганизмов ионы щелочноземельных металлов можно выстроить в следующий ряд: Ca²⁺ > Mg²⁺ > Ba²⁺ > Sr²⁺.

МЕТАБОЛИЧЕСКАЯ (ФЕРМЕНТАТИВНАЯ И АНТИБИОТИЧЕСКАЯ) АКТИВНОСТЬ ШТАММОВ МИКРОСКОПИЧЕСКИХ ГРИБОВ АНТАРКТИДЫ

Д.А. Никитин^{1,3}, В.С. Садыкова², М.В. Бирюков¹, А.А. Баранова², Д.А. Бочков¹, А.Е. Иванова¹, О.Е. Марфенина¹, О.В. Кутова³

¹ Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва

² Научно-исследовательский институт по изысканию новых антибиотиков им. Г.Ф. Гаузе, г. Москва

³ Почвенный институт им. В.В. Докучаева, г. Москва

E-mail: dimnik90@mail.ru

Суровые климатические условия Антарктиды обуславливают отсутствие многих групп растений и животных, но доминирование в биоразнообразии материка микроскопических грибов (Buzzini et al., 2012). Относительно полно изучено их таксономическое разнообразие и приуроченность видов микробиоты к антарктическим субстратам (Власов и др., 2012). Однако мало информации об экологии и физиологии штаммов антарктических микромицетов, некоторые из них продуцируют важные для биотехнологии антибиотики и ферменты (Gupta et al., 2015).

Цель работы – охарактеризовать ферментативную и антагонистическую активность штаммов типичных видов микромицетов, выделенных из почв Антарктиды. Задачи исследования: 1) изучить антагонизм антарктических микромицетов в отношении коллекционных условно-патогенных тест-культур ATCC *Bacillus subtilis* и *Aspergillus niger*, а также к штаммам бактерий и актиномицетов, выделенных из субстратов Антарктиды; 2) проанализировать активность целлюлаз, фенолоксидаз, лакказ, пероксидаз и эстераз у антарктических штаммов микромицетов.

Для исследования выбрано 40 антарктических штаммов микромицетов, среди которых таксоны, характерные для высокоширотных местообитаний (виды родов *Antarctomyces*, *Hypophyza*, *Thelebolus*); известные как фитопатогены (представители родов *Ascochyta*, *Botrytis*, *Leptosphaeria*, *Phoma*); проявляющие высокую антибиотическую активность (виды родов *Botrytis*, *Penicillium*, *Sarocladium*, *Thelebolus*); недавно описанные (не ранее 2009 г.) виды микромицетов (*Atracididymella muscivora*, *Cadophora novi-eboraci*, *Exophiala tremulae*, *Phialocephala lagerbergii*); редкие виды (*Eurotium niveoglaucom*, *Leucosporium polypaeciloides*). В качестве тест-культур использованы стандартные коллекционные штаммы *B. subtilis* ATCC 6633 и *A. niger* INA 00760, а также 19 грамположительных и грамотрицательных штаммов бактерий, в том числе актиномицетов, выделенных из почв Антарктиды.

Антимикробную активность оценивали методом диффузии в агар. Комплекс антибиотических веществ из культуральной жидкости (КЖ) экстрагировали этилацетатом и бутанолом. Бактерий из антарктических субстратов культивировали на глюкозо-пептонно-дрожжевой среде (ГПД) с глицерином; актиномицеты – на среде Гаузе-1; тест-культуру *B. subtilis* – на мясо-пептонном агаре (МПА); *A. niger* – на среде Чапека.

Для оценки эстеразной активности штаммов применяли метод флуориметрического определения продукта гидролиза флуоресцина диацетата (ФДА). Активность внеклеточных целлюлаз у штаммов проверяли путем гидролиза карбоксиметилцеллюлозы (КМЦ) фотометрическим определением продукта реакции (восстанавливающего сахара) (Silveira et al., 2014). Активность внеклеточных фенолоксидаз выявляли с помощью фотометрической реакции с 2,2'-азино-бис-3-этилбензотиазолин-6-сульфоновой кислотой. Активность пероксидаз измеряли аналогично предыдущему эксперименту с добавлением перекиси водорода в качестве субстрата.

Способность к ингибированию роста *B. subtilis* выявлена у 75% исследуемых антарктических штаммов микромицетов. Высокая бактерицидная активность отмечалась только у *P. roseopurpureum* 169 (диаметр зоны лизиса равен 25 мм). У остальных проявляющих активность штаммов (70.8%) подавление роста бактерии было умеренным ($d = 14\text{--}20$ мм).

Почти половина (42%) исследованных антарктических штаммов микромицетов ингибировала развитие *A. niger*. Высокой активностью ($d = 27$ мм) обладал только *Botrytis cinerea* 174. Остальные 37.5% штаммов имели умеренную активность ($d = 15\text{--}20$ мм). 38% микромицетов ингибировали рост как *B. subtilis*, так и *A. niger*.

Более 3/4 (77%) протестированных штаммов подавляли рост бактерий из почв Антарктиды.

Выявлено ингибирование (умеренная активность) роста только грамположительных бактерий и актиномицетов. Максимальную бактерицидную активность проявляли штаммы эвритопного вида *Sarocladium kiliense* 207 и типичного вида многих субстратов Антарктиды *Antarctomyces psychrotrophicus* 204.

Для типичных антарктических видов (штаммы *A. psychrotrophicus* 204 и *Hypophyza variabilis* 218) проводили экстракцию антибиотиков этилацетатом и бутанолом из КЖ, используя в качестве тест-культур *B. subtilis* и *A. niger*. Эти микромицеты давали умеренную зону ингибирования ($d = 23\text{--}24$ мм) в отношении *B. subtilis*, однако не подавляли *A. niger*. Штамм *A. psychrotrophicus* 204 более интенсивно ингибировал рост бактерий при выращивании на богатой питательными веществами среде ГПД, а *H. variabilis* 218 – на минеральной среде Чапека.

Максимальная эстеразная активность обнаружена у штаммов, характерных для Антарктиды видов *H. variabilis* 218 и *Thelebolus ellipsoideus* 210 на среде ГПД (51 и 29 нмоль ФДА/г мицелия·ч соответственно).

Высокая целлюлолитическая активность отмечена у штамма потенциального фитопатогена *Ascochyta pisi* 192 (89 мкмоль глюкозы/мг сухого вещества). В два раза меньшие показатели у штаммов, типичных для Антарктиды, – *Phoma violacea* 214 и *A. psychrotrophicus* 204 (42 мкмоль глюкозы/мг сухого вещества). Целлюлолитическая активность других микромицетов крайне мала. Интенсивность разложения КМЦ всеми изученными штаммами была выше при $+5^\circ\text{C}$, чем при $+25^\circ\text{C}$.

Ни у одного из 10 протестированных антарктических штаммов не обнаружено активности внеклеточных лакказ, фенолоксидаз и пероксидаз. Такой результат можно объяснить практически полным отсутствием древесных растений в Антарктиде.

Работа проведена при поддержке гранта Российского научного фонда № 14-50-00029.

ЛИТЕРАТУРА

- Грибы на природных и антропогенных субстратах в Западной Антарктике / Д.Ю. Власов, М.С. Зеленская, И.Ю. Кирцидели, Е.В. Абакумов, В.А. Крыленков, В.В. Лукин // Микология и фитопатология. 2012. Т. 46. № 1. С. 20–26.
- Buzzini P., Branda E., Goretti M., Turchetti B. Psychrophilic yeasts from worldwide glacial habitats: diversity, adaptation strategies and biotechnological potential // FEMS Microbiology Ecology. 2012. V. 82. № 2. P. 217–241.
- Gupta R., Kumari A., Syal P., Singh Y. Molecular and functional diversity of yeast and fungal lipases: their role in biotechnology and cellular physiology // Progress in lipid research. 2015. V. 57. P. 40–54.
- Silveira M.H.L., Aguiar R.S., Siika-aho M., Ramos L.P. Assessment of the enzymatic hydrolysis profile of cellulosic substrates based on reducing sugar release // Bioresour. Technol. 2014. V. 151. P. 392–396.

СРАВНИТЕЛЬНОЕ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РАЗЛИЧНЫХ НЕФТЕПРОДУКТОВ НА ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТЬ КИСЛОМОЛОЧНЫХ БАКТЕРИЙ

В.А. Прохорова, В.С. Сибирцев, А.В. Видякина, А.Х. Хайдаров, А.Ю. Маслова

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет

информационных технологий, механики и оптики, г. Санкт-Петербург

E-mail: vs1969r@mail.ru

Разработан метод оценки степени экологической безопасности различных помещений и территорий, источников загрязнения окружающей среды, новой либо уже выпускаемой продукции. На территории, интересующей нас в плане ее возможного экологического неблагополучия, или рядом с возможным источником загрязнения окружающей среды, отбираются пробы воздуха, воды, почвы, снимаются смывы или мазки со стен помещений. Отобранные пробы доставляются в лабораторию и делятся на несколько равных частей, каждая из которых добавляется к заданному объему жидкой питательной среды (ПС), содержащей исходно одинаковое количество питательных веществ и жизнеспособных тестовых микроорганизмов. Далее все образцы инкубируются в течение заданного времени при температуре, оптимальной для развития используемых тестовых микроорганизмов. При этом до начала и сразу после окончания инкубации в каждом из образцов регистрируются один или несколько из таких параметров ПС: интенсивность упругого светорассеяния, характер спектров светопоглощения, молекулярной люминесценции, рамановского светорассеяния, линейного и кругового дихроизма, угол вращения поляризованного света, коэффициент рефракции, электропроводность, редокс потенциал, рН. После этого на основании сравнения полученных значений со значениями аналогичных параметров, полученными для контрольных образцов, а также сопоставления значений различных параметров между собой делается вывод об общем характере воздействия анализируемых проб на используемую в качестве тестовой биосистему. В результате можно сделать вывод о степени экологической безопасности интересующих нас территории, помещения, источника возможно-го загрязнения окружающей среды, материала, продукта или препарата.

В качестве примера подобного анализа можно привести результаты оценки токсичности распространенных нефтепродуктов, таких как дизельное топливо (ДТ); уайт-спирит (УС); толуол (Тл); ОП-10 (ОП, смесь ароматических углеводородов) и н-гексан (нГ). Для этого бы-

ло проведено три серии измерений, в ходе которых в каждую из пробирок, используемых для анализа, добавлялось по 4 мл тестовой среды (водный раствор, содержащий 5 г/л глюкозы, 18 г/л белкового гидролизата, 2 г/л NaCl и около 10^6 кл./мл жизнеспособных *Lactobacillus bulgaricus* 298), а также от 0 (в случае контрольных пробирок) до 0.02 мл 100%- либо 1%-ного ДТ, УС, Тл, ОП-10 либо нГ (по 5 шт. в параллель в случае как тестовых, так и контрольных пробирок). После чего все упомянутые пробирки закрывались, перемешивались и инкубировались при температуре 40 ± 0.1 °C (оптимальной для развития *L. bulg*) в течение 6 ч. При этом непосредственно до начала инкубации и сразу после ее окончания в каждой пробе регистрировались интенсивность упругого светорассеяния в видимой области спектра (*Iod*, нефелометрическим методом с помощью анализатора «Флюорат-02-М» со светофильтрами М1 и М2), редокс потенциал (*E*, с помощью иономера «Эксперт-001» с комбинированным электродом «ЭРП-105») и удельная, линейная, низкочастотная электропроводность (*X*, с помощью кондуктометра «Эксперт-002» с погружным датчиком «УЭП-П-С», работающим на частоте 1.6 кГц). Полученные значения усреднялись (сначала по пяти параллельным образцам внутри каждой серии измерений, затем – между сериями). Для каждого из усредненных значений рассчитывался 95%-ный доверительный интервал. После этого общая степень активирования либо ингибирования (+/-) жизнедеятельности тестовых микроорганизмов разными концентрациями различных нефтепродуктов рассчитывалась по формуле $\varepsilon_M = (\varepsilon_{Iod} + 0.5\varepsilon_E + 0.5\varepsilon_X) / 2$, где ε_{Iod} , ε_E и ε_X определялись по результатам измерений *Iod*, *E* и *X* как $\varepsilon_i = 100(\Delta Y_{t_i} - \Delta Y_{c_i}) / \Delta Y_{c_i}$, где $\Delta Y_i = \sum_j (Y_{e_{ij}} - Y_{b_{ij}}) / 15$ – средние по выборке из 15 образцов разности значений *Iod*, *E* либо *X* в начале (*Yb*) и конце (*Ye*) инкубирования тестовой среды в присутствии нефтепродуктов (ΔY_t) и в их отсутствие (ΔY_c). Полученные данные в самом общем виде приведены в таблице. При этом изменение *Iod* в большей мере характеризовало интенсивность роста и размножения тестовых микроорганизмов, а изменения *E*

Общая степень активирования или ингибирования (+/-) жизнедеятельности тестовых микроорганизмов в присутствии разных количеств различных нефтепродуктов

Нефтепродукт	ДТ _{р3}	УС _{р3}	ОП _{р3}	Тл _{р3}	нГ _{р3}	ДТ _{р5}	УС _{р5}	ОП _{р5}	Тл _{р5}	нГ _{р5}
ε_M , %	-15±8	-10±8	-40±5	-24±6	+6±1	+9±2	+15±2	+34±2	+29±2	+39±3

Примечание: индексами р3 и р5 обозначены концентрации соответствующих нефтепродуктов, равные 2×10^{-3} и 2×10^{-5} об. %.

и X – активность метаболизма тестовых микроорганизмов.

Из представленных данных можно сделать следующие выводы. Среди исследованных нефтепродуктов, присутствующих в инкубационной среде в достаточно большой концентрации ($2 \cdot 10^{-3}$ об.%), в наибольшей степени жизнедеятельность тестовых микроорганизмов ингибировал ОП-10, содержащий помимо ароматического цикла также активные спиртовые и эфирные группы ($\epsilon_M = -40 \pm 5\%$). Далее в порядке уменьшения степени ингибирования тестовых микроорганизмов следовали: толуол (Тл, основной составляющей молекулы которого также являлось бензольное кольцо, соединенное, однако, в отличие от ОП-10 с мало активной метильной группой, $\epsilon_M = -24 \pm 6\%$), ДТ (содержащее достаточно большое количество веществ, вредных для жизнедеятельности большинства организмов, $\epsilon_M = -15 \pm 8\%$) и УС (в нем содержание различных ароматических углеводородов составляло не более 16%, а остальные 84% приходились на долю насыщенных ациклических и алициклических углеводородов, $\epsilon_M = -10 \pm 8\%$). В то же время н-гексан (нГ), являющийся представителем насыщенных ациклических углеводородов, в той же концентрации ($2 \cdot 10^{-3}$ об.%), что и ранее рассмотренные нефтепродукты, в небольшой степени даже активировал жизнедеятельность тестовых микро-

организмов ($\epsilon_M = +6 \pm 1\%$).

Аналогичная активация жизнедеятельности тестовых микроорганизмов наблюдалась и в случае присутствия любого из исследуемых нефтепродуктов в инкубационной среде в достаточно малой концентрации ($2 \cdot 10^{-5}$ об.%). При этом активация эта в наибольшей мере наблюдалась для н-гексана ($\epsilon_M = +39 \pm 3\%$), после которого в порядке убывания степени активации жизнедеятельности тестовых микроорганизмов следовали ОП-10 ($\epsilon_M = +34 \pm 2\%$), толуол ($\epsilon_M = +29 \pm 2\%$), УС ($\epsilon_M = +15 \pm 2\%$) и ДТ ($\epsilon_M = +9 \pm 2\%$) (см. таблицу).

Таким образом, можно заключить, что тестовые микроорганизмы способны были питаться даже весьма химически активными ароматическими углеводородами (такими, например, как ОП-10). Хотя это было сложнее, чем использовать в качестве источника углерода для своей жизнедеятельности ациклические углеводороды (такие как н-гексан) или глюкозу, глицерин, растительные и животные масла. Менее химически активный толуол *L. bulg.* оказалось даже труднее разлагать, чем ОП-10, а приспособиться к существованию в присутствии таких сложных смесей различных углеводородов, как УС и ДТ для *L. bulg.* оказалось еще сложнее. Причем ДТ было для *L. bulg.* более сложным источником питательных веществ, чем УС.

ФОТОФЛУОРОМЕТРИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ ДИНАМИКИ ИЗМЕНЕНИЯ В ВОДНЫХ СИСТЕМАХ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ СТРУКТУРЫ КАЗЕИНА

В.А. Прохорова, В.С. Сибирцев, А.В. Видякина, К.С. Башарова, Н.А. Андрееenko

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, г. Санкт-Петербург

E-mail: vs1969r@mail.ru

Исследование динамики пространственной структуры белковых молекул в состоянии, достаточно близком к тому, в котором эти молекулы находятся в живых организмах, является в настоящее время весьма актуальной проблемой. Нами для изучения низкоконцентрированных водных белковых растворов (в которых белки находятся в состоянии, близком к нативному) был применен метод синхронной регистрации спектров собственной молекулярной фотофлуоресценции растворов. В результате удалось зафиксировать значимые отличия не только в интенсивности, но и в положении пиков флуоресценции водных растворов с разной концентрацией в них белковой составляющей – что, вероятно, было обусловлено различиями в пространственной структуре белковых молекул в этих растворах (определяемыми в свою очередь разной степенью водородного, электростатического и ван-дер-ваальсового взаимодействия этих высокомолекулярных соединений с окружающими их молекулами воды).

Наибольшую структурированность (исходя из которой можно точнее судить о динамике изменения пространственной структуры белковых молекул в растворах) демонстрировали синхронные спектры фотофлуоресценции водных растворов казеина, регистрировавшиеся при 10 нм сдвиге длин волн эмиссии относительно возбуждения (*Dwl*). Причем существенное изменение относительной интенсивности флуоресценции при разных длинах волн наблюдалось в этих спектрах не только при различных концентрациях исследуемых растворов, но и в зависимости от длительности нахождения белка в растворенном состоянии. Однако при всех отмеченных достоинствах эти спектры были достаточно малоинтенсивны (рис. 1).

Синхронные спектры фотофлуоресценции, регистрировавшиеся при нулевом *Dwl*, имели для исследуемых растворов наибольшую интенсивность, поэтому данные спектры могут быть рекомендованы для количественного определения содержания белков в водных растворах (а так-

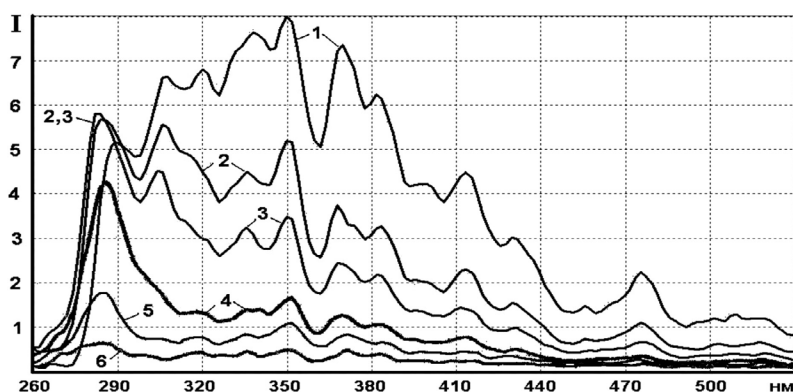


Рис. 1. Синхронные спектры фотофлуоресцентного возбуждения, регистрировавшиеся для водных растворов казеина с разными концентрациями при 10 нм сдвиге длин волн эмиссии относительно возбуждения, 3 нм ширине щелей монохроматоров и высоком усилении ФЭУ спектрофлуориметра «СМ 2203». Линиям 1–6 здесь соответствуют концентрации казеина: 25, 10, 5, 1.3, 0.3 и 0.08 г/л. По оси ординат отложена интенсивность флуоресценции (I) исследуемых растворов. По оси абсцисс – длина волны.

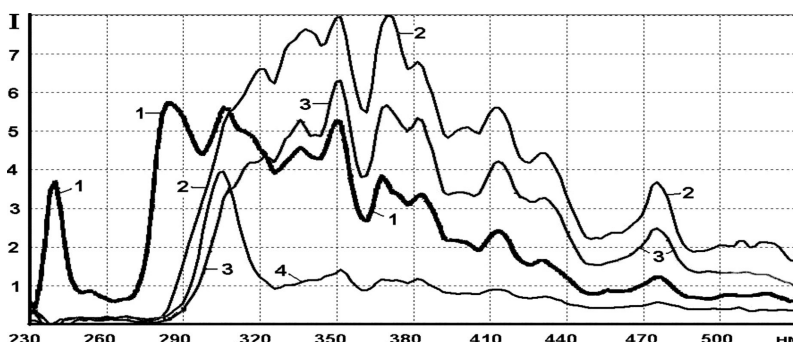


Рис. 2. Синхронные спектры фотофлуоресцентного возбуждения, регистрировавшиеся для водных растворов казеина с концентрацией 10 г/л при 10 нм сдвиге длин волн эмиссии относительно возбуждения. Линиям 1–4 здесь соответствует время выдержки раствора при +4 °С и рН 3.0 (для ингибирования развития в исследуемом растворе посторонней микрофлоры, после чего непосредственно перед измерением его фотофлуоресценции исследуемый раствор снова нагревался до +20 °С): 0, 2, 8 и 20 сут. По оси ординат отложена интенсивность флуоресценции (I) исследуемых растворов. По оси абсцисс – длина волны.

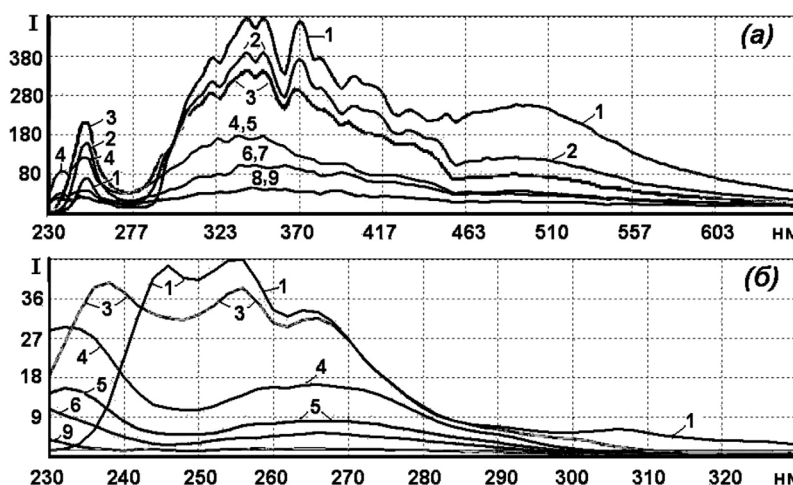


Рис. 3. Синхронные спектры фотофлуоресцентного возбуждения, регистрировавшиеся для водных растворов казеина с разными концентрациями при 0 (а) и 90 (б) нм сдвиге длин волн эмиссии относительно возбуждения. Линиям 1–9 здесь соответствуют концентрации казеина: 25, 10, 5, 1.3, 0.6, 0.3, 0.15, 0.08 и 0.04 г/л. По оси ординат отложена интенсивность флуоресценции (I) исследуемых растворов. По оси абсцисс – длина волны.

же в определенной степени и для качественного – например, по соотношению интенсивностей светорассеяния исследуемых растворов при 250 и 350 или 500 нм). Однако при этом нужно учитывать, что характер рассматриваемых спектров в существенно большей степени, чем при других режимах регистрации, может зависеть от характера возбуждающего излучения, а также от присутствия в исследуемых образцах в растворенном либо коллоидном состоянии небелковых соединений, способных к интенсивному светорассеянию (таких как полисахариды, нуклеиновые кислоты, липиды и т.п.).

Из других синхронных спектров фотофлуоресценции для количественного определения содержания белков в водных растворах могут быть рекомендованы, на наш взгляд, спектры, регистрируемые при $Dwl = 90$ нм. По сравнению с аналогичными спектрами, регистрируемыми при $Dwl = 10$ нм, эти спектры имеют существенно меньшую структурированность – но при этом демонстрируют также значительно большую интенсивность и независимость от присутствия в исследуемых образцах примесей небелковой природы (включая даже свободные аминокислоты, пептиды и т.п.) (рис. 2). Существенно большая независимость от присутствия в исследуемых образцах посторонних примесей отличает синхронные спектры фотофлуоресценции, регистрируемые для водных белковых растворов при $Dwl = 90$ нм, и от аналогичных спектров, регистрируемых при $Dwl = 0$ нм (хотя последние и значительно более интенсивны, а также пригодны для работ с существенно более широким диапазоном концентраций белковых растворов) (рис. 3). Кроме того, синхронные спектры фотофлуоресценции, регистрируемые при $Dwl = 90$ нм, в определенной мере пригодны и для качественной характеристики состояния пространственной структуры белковых молекул в их водных растворах (например, по сдвигу пика в области 245–230 нм).

Таким образом, как мы убедились, регистрация синхронных спектров фотофлуоресценции предоставляет исследователю доста-

точно простой, надежный и информативный способ изучения динамики изменения пространственной структуры белковых молекул в

состоянии, близком к тому, в котором они находятся непосредственно в живых организмах, участвуя в регуляции их метаболизма.

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ БИОЛОГИЧЕСКИХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ

В.В. Резниченко

Сыктывкарский государственный университет им. Питирима Сорокина, г. Сыктывкар
E-mail: valerre@inbox.ru

Проблема дефицита вод, пригодных для потребления, актуальна в настоящее время. Она обусловлена двумя факторами: природным (пресные воды составляют 2.6% от общих запасов воды в мире, из них на долю поверхностных вод приходится только 0.02%) и техногенным (в процессе хозяйственной деятельности человек загрязняет имеющиеся запасы природных вод). Человек, загрязняя водные объекты, еще больше ограничивает возможности использования вод, пригодных и безопасных для потребления. Проблема очистки сточных вод является актуальной и для г. Ухты. В данной работе она будет рассмотрена на примере биологических очистных сооружений предприятия ООО «ЛУКОЙЛ–Ухтанефтепереработка».

Цель исследования – оценить эффективность работы биологических очистных сооружений предприятия ООО «ЛУКОЙЛ–Ухтанефтепереработка», а также предложить оптимальные пути для повышения эффективности работы очистных сооружений.

Задачи:

- рассмотреть работу биологических очистных сооружений предприятия ООО «ЛУКОЙЛ–Ухтанефтепереработка»;
- рассчитать эффективность работы биологических очистных сооружений;
- проанализировать динамику изменения гидрохимических показателей сточных вод с 2012 по 2016 г. после процесса очистки;
- выявить показатели, по которым идет недостаточная степень очистки, если таковые будут обнаружены в процессе анализа;
- предложить меры по повышению эффективности их работы.

Для оценки эффективности работы биологических очистных сооружений предприятия ООО «ЛУКОЙЛ–Ухтанефтепереработка» были взяты результаты комплексного химического

анализа с 2012 по 2016 г. по следующим показателям: БПК, взвеси, аммоний, нефтепродукты, фенолы и нитриты. Расчет эффективности очистки производился по следующей формуле: $\Phi = (C_0 - C'')/C_0$, где C'' – концентрация загрязняющего вещества после очистки; C_0 – концентрация загрязняющего вещества до очистки.

Результаты расчета представлены в таблице.

В ходе расчетов и дальнейшего анализа было выявлено, что эффективность по основным гидрохимическим показателям достаточно высокая (выше 90%), однако отмечается отрицательная эффективность очистки по нитритам, что говорит о неполном окислении загрязняющих веществ. Для решения данной проблемы необходимо внедрить технологии, направленные на повышение эффективности очистки воды.

Рассмотрим три метода очистки воды с использованием:

- 1) активного угля марки ОУ-А;
- 2) электроподогрева для поддержания оптимальной температуры для полного окисления;
- 3) поликарбонатной пленки для теплоизоляции.

Уголь активный осветляющий древесный порошкообразный марки ОУ-А имеет сильно развитую общую пористость, широкий диапазон пор и большую величину удельной поглощающей поверхности (более 1200 м² в 1 г угля). Однако в процессе постоянного применения будет образовываться большое количество отходов, которое в дальнейшем необходимо размещать, что требует дополнительных затрат. Таким образом, можно предположить, что данный реагент невозможно применять на постоянной основе.

Эффективность очистки по загрязняющим веществам

Показатель \ Год	2012	2013	2014	2015	2016
БПК	92.5	96.1	95.7	95.7	96.1
Взвеси	85.2	92.4	91.7	92.3	92.3
Аммоний	97.9	97.7	97.7	97.9	97.8
Нефтепродукты	92.2	96.1	90.6	93.4	94.4
Фенол	98.8	–	–	95.2	97.5
Нитриты	Отрицательная эффективность	Отрицательная эффективность	Отрицательная эффективность	Отрицательная эффективность	Отрицательная эффективность

Другим наиболее оптимальным решением задачи очистки воды является использование подогревного оборудования, которое будет располагаться на дне аэротенка и обеспечивать необходимую температуру в холодное время. Другой вариант для обеспечения оптимальной температуры – поликарбонатная пленка для теплоизоляции, она будет располагаться поверх аэротенка. Пленка состоит из поликарбоната и устойчива к низким температурам, это будет способствовать тому, что перепады температур в холодное время будут компенсировать-

ся, а тепло задерживаться. В статье произведены расчет и анализ эффективности работы биологических очистных сооружений предприятия ООО «ЛУКОЙЛ–Ухтанефтепереработка», а также предложены пути повышения эффективности биологических очистных сооружений.

ЛИТЕРАТУРА

Дмитриев В.Д., Коровин Д.А., Кораблев А.И. Эксплуатация систем водоснабжения, канализации и газоснабжения. Л.: Стройиздат, 1988. С. 209–212.
Николадзе Г.И. Водоснабжение. М.: Стройиздат, 1995. С. 544–546.

АНАТОМИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ ЭКТОМИКОРИЗНЫХ КОРНЕЙ ПИХТЫ СИБИРСКОЙ

Т.А. Сизоненко

Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар
E-mail: tvor.83@mail.ru

Пихта сибирская *Abies sibirica* Ledeb. – одна из лесообразующих древесных пород европейского Северо-Востока. Пихтовые леса на территории Республики Коми занимают площадь около 200 тыс. га. Пихта сибирская образует сильно разветвленную, но не слишком глубокую корневую систему стержневого типа (Леса..., 1999) и является облигатно-микоризным видом (Веселкин, 2015; Veselkin, 2004).

Цель работы – характеристика сезонной динамики морфо-анатомического строения, дыхательной активности и флуоресценции эктомикориз пихты сибирской в условиях средней тайги Республики Коми.

Исследования проводили в течение вегетационного периода с мая по октябрь 2016 г. в ельнике чернично-сфагновом средней тайги (62°17' с. ш., 50°40' в. д.) V класса бонитета, состав 9Е1Б + С ед. II, возраст деревьев основного полога – 106–200 лет, почва – торфянисто-подзолисто-глеяватая, супесчаная, подстилае-

мая суглинками. Используемые в работе методы описаны в статьях, опубликованных нами ранее (Сизоненко, Загирова, 2011, 2012).

В изучаемом сообществе у пихты сибирской эктомикоризы были образованы в среднем у 97% тонких поглощающих корней и представлены простыми или слаборазветвленными формами от светло- до темно-коричневого цветов. Плотность микориз составляла более 80 шт. на 10 см корней. Согласно классификации И.А. Селиванова (1981), за период исследования выявлено 12 подтипов грибных чехлов плектенхиматического (А, В, В₃, D, Е), псевдопаренхиматического (F, F₃, G, H), двойного (O, P) и бесструктурного (RS) сложения (табл. 1). Разнообразие плектенхиматических чехлов оказалось максимальным в июле, псевдопаренхиматических и двойных – в июне. В августе и сентябре увеличивалось количество плектенхиматических и бесструктурных чехлов, уменьшалось общее их разнообразие.

Таблица 1

Сезонная динамика разнообразия грибных чехлов пихты сибирской

Параметр	Месяц выборки				
	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь
Доля (%) плектенхиматических чехлов подтипов:					
A	19	16	12	12	21
B	27	27	70	70	71
B ₃	1	–	5	–	–
D	–	–	4	–	–
E	–	–	4	–	–
Доля (%) псевдопаренхиматических и двойных чехлов подтипов:					
F	30	6	1	1	–
F ₃	15	–	–	–	–
G	–	5	4	–	4
H	6	2	–	–	1
O	–	39	–	–	–
P	–	1	–	–	–
Доля (%) бесструктурных чехлов RS	2	4	–	17	3

Примечание: прочерк – чехлов данного подтипа не обнаружено.

Сезонная динамика количественных показателей эктомикориз пихты сибирской

Параметры эктомикориз	Май (N = 120)	Июнь (N = 130)	Июль (N = 98)	Август (N = 100)	Сентябрь (N = 80)
Диаметр эктомикориз, мкм	531±109	508±104	495±96	459±86	493±125
Толщина грибного чехла, мкм	22±9	33±13	26±9	20±9	23±11
Объемная доля чехла, %	16±6	24±8	20±6	16±7	17±8
Доля слоев таниновых клеток, %	30±16	36±22	36±27	42±23	34±23

С типом сложения чехла связаны такие характеристики эктомикориз, как размеры корня, толщина и объемная доля грибного чехла. Согласно нашим данным, диаметр отдельных эктомикориз пихты менялся от 373 до 640 мкм, в среднем уменьшаясь к августу и затем снова возрастая к осени. Размер проводящего цилиндра изменялся от 142 до 330 мкм, уменьшаясь к августу и увеличиваясь к осени. Толщина грибных чехлов варьировала в пределах 11–45 мкм, объемная доля грибного симбионта в микоризе составляла от 10 до 32%. Оба эти показателя увеличивались в июне, когда наблюдали начало активного роста тонких корней у хвойных (Сизоненко, Загирова, 2011). Анатомические показатели диаметра эктомикориз, толщины и объемной доли грибного чехла в эктомикоризах пихты выше, чем у исследованных нами ранее ели сибирской и сосны обыкновенной, произрастающих в еловых фитоценозах средней тайги (Сизоненко, Загирова, 2011, 2012), что согласуется с данными других авторов (Веселкин, 2015) и является, вероятно, видоспецифичным признаком.

Максимальную толщину грибных чехлов имели микоризы подтипов Н, О и G, что закономерно, поскольку известно, что наибольшей толщиной грибных чехлов обладают эктомикоризы с двойными и псевдопаренхиматическими грибными чехлами. Одним из показателей функциональной активности эктомикориз является число таниновых клеток в коре корня, их количество возрастает на завершающей стадии развития микориз (Veselkin, 2004). Доля слоев таниновых клеток в коре эктомикоризных корней пихты составляла от 30 до 42% (табл. 2).

Считается, что плектенхиматическая структура является исходной при формировании псевдопаренхиматических и двойных чехлов. Соответственно, доля плектенхиматических типов чехлов эктомикориз увеличивается в периоды активного роста тонких корней (Сизоненко, Загирова, 2011). Можно предположить, что поскольку вегетационный период 2016 г. на всем протяжении характеризовался теплой и влажной погодой, рост корней мог продолжаться в

течение всего сезона, поэтому доля плектенхиматических чехлов была высокой даже в позднелетний и осенний периоды. Псевдопаренхиматические и двойные чехлы являются более «зрелыми», развитыми по толщине, у пихты максимальное их обилие отмечено в мае и июне. Бесструктурные чехлы обладают, как правило, наименьшими размерами и характерны для завершающих этапов развития микоризы (Веселкин, 2005). У пихты их количество было относительно равномерным, за исключением небольшого увеличения их доли в августе, что может быть связано с процессами постепенного старения корней. С увеличением количества чехлов RS-подтипа связано возрастание числа слоев таниновых клеток в коровой паренхиме, поскольку именно для данного подтипа характерно максимальное их количество (Veselkin, 2004).

Работа выполнена в рамках плановой темы НИР «Пространственно-временная динамика структуры и продуктивности фитоценозов лесных и болотных экосистем на европейском Северо-Востоке России» АААА-А17-117122090014-8.

ЛИТЕРАТУРА

- Веселкин Д.В. Реакция эктомикориз *Pinus sylvestris* L. на техногенное загрязнение различных типов // Сиб. экол. журн. 2005. № 4. С. 753–761.
- Веселкин Д.В. Соотношение объемов гриба и древесных тканей в эктомикоризных корнях хвойных // Лесоведение. 2015. № 2. С. 140–146.
- Леса Республики Коми / Под ред. Г.М. Козубова, А.И. Таскаева. М.: ДиК, 1999. 332 с.
- Селиванов И.А. Микосимбиотрофизм как форма консортивных связей в растительном покрове Советского Союза. М.: Наука, 1981. 232 с.
- Сизоненко Т.А., Загирова С.В. Структура и рост микоризных корневых окончаний сосны обыкновенной в условиях средней тайги // Лесоведение. 2011. № 4. С. 61–67.
- Сизоненко Т.А., Загирова С.В. Сезонная динамика строения эктомикориз *Picea obovata* в средней тайге // Экология. 2012. № 2. С. 102–105.
- Veselkin D.V. Anatomical structure of ectomycorrhiza in *Abies sibirica* Ledeb. and *Picea obovata* Ledeb. under conditions of forest ecosystems polluted with emissions from copper-smelting works // Rus. J. Ecol. 2004. T. 35. Vol. 2. P. 71–78.

ФИЗИОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА И ЖИВОТНЫХ

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ МИКРОЦИРКУЛЯЦИИ КРОВИ В ПОДРОСТКОВОМ И ЮНОШЕСКОМ ВОЗРАСТЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДЫХАТЕЛЬНОЙ ПРОБЫ

Н.В. Бабошина

Ярославский государственный педагогический университет им. К.Д. Ушинского, г. Ярославль

Цель данной работы – оценка состояния микроциркуляции крови в подростковом и юношеском возрасте с использованием дыхательной пробы.

В исследование были включены практически здоровые лица обоих полов после получения письменного информированного согласия законных представителей (родителей): 52 подростка и 41 участник юношеского возраста (средний возраст обследуемых – 14 и 18 лет соответственно). Методом лазерной доплеровской флоуметрии оценивали кожную микроциркуляцию, рассчитывали средние значения изменения перфузии (М) и показатели ее вариабельности: среднеквадратичное отклонение (у) и коэффициент вариации (Кv). С помощью вейвлет-анализа выделялись из общего спектра ритмов отдельные частотные диапазоны, отражающие вклад различных регуляторных влияний в модуляцию микрокровотока: эндотелиальные, нейрогенные, миогенные, дыхательные и сердечные ритмы (Крупаткин, 2005).

С целью оценки резервных возможностей микрокровотока использовали функциональную дыхательную пробу путем 30-секундной задержки дыхания, что приводило к рефлекторной активации преганглионарных симпатических вазомоторных нейронов, спазму приносящих микрососудов и кратковременному снижению показателя микроциркуляции (ПМ) с дальнейшим восстановлением кривой до исходного уровня (Станкевич и др., 2013).

Показатель М у 18-летних девушек был на 21% ниже по сравнению с девочками-подростками, тогда как вариативность микрокровотока не отличалась в обеих группах. Максимальные

амплитуды эндотелиальных, миогенных, дыхательных и сердечных ритмов были достоверно ниже (на 25 и 22% ($p < 0.05$), 28 и 22% ($p < 0.05$), соответственно) у 18-летних девушек в сравнении с подростками, что свидетельствует о повышении периферического сопротивления и, следовательно, снижении нутритивного кровотока при переходе от подросткового к юношескому возрасту. Показатели у и Кv у юношей были ниже (на 28 ($p < 0.05$) и 37% ($p < 0.05$) соответственно) в сравнении с аналогичными данными подростков, при этом значение М достоверно не отличалось. Максимальные амплитуды миогенных и дыхательных ритмов у 18-летних юношей были ниже (на 29 и 26%, $p < 0.05$ соответственно), чем у подростков.

Анализ результатов дыхательной пробы показал, что у 18-летних девушек в сравнении с подростками резерв кровотока выше ($p < 0.05$) на 16%. Статистически значимых различий между показателями резерва кровотока (РКК), исходными значениями показателя микроциркуляции перед задержкой дыхания (М_{исх}) и после восстановления дыхания (М_{восст}) в группах юношей и мальчиков подросткового возраста не выявлено (см. таблицу).

Таким образом, в результате проведенного исследования зафиксированы возрастные (от 14 до 18 лет) отличия параметров микроциркуляции и сформировавшиеся в результате полового созревания отличия в функционировании регуляторных механизмов микрокровотока у девушек и юношей. Выявленные изменения показателей в ходе функциональной пробы с задержкой дыхания свидетельствуют о повышении симпатической активности с возрастом.

Показатели микроциркуляции
при дыхательной функциональной пробе

Показатели	Девочки	Девушки	Мальчики	Юноши
М _{исх} , пф.ед.	25.0±7.5	19.7±7.5*	23.6±6.2	22.7±4.4
М _{восст} , пф. ед.	25.3±6.7	20.6±7.3*	22.9±7.1	22.5±4.0
РКК, %	55.8±17.3	64.8±18.2*	62.2±16.7	66.3±22.8

Обозначения: М_{исх} – исходное значение показателя микроциркуляции перед задержкой дыхания; М_{восст} – значение показателя микроциркуляции после восстановления дыхания; РКК – резерв капиллярного кровотока; * $p < 0.05$.

ЛИТЕРАТУРА

Крупаткин А.И., Сидоров В.В. Лазерная доплеровская флоуметрия микроциркуляции крови. М.: Медицина, 2005. 256 с.

Станкевич А.В., Ахаткина А.А., Тихомирова И.А. Функциональные пробы в оценке резервных возможностей кровотока у спортсменов // Ярославский педагогический вестник. 2013. Т. 3. № 4. С. 190–194.

ВЛИЯНИЕ ПРОГЕСТЕРОНА НА РАДИКАЛЬНУЮ АКТИВНОСТЬ НЕЙТРОФИЛОВ ВЕНОЗНОЙ КРОВИ ЖЕНЩИН НА РАЗНЫХ ЭТАПАХ РЕПРОДУКЦИИ

О.М. Безмельцева¹, Т.В. Полежаева¹, А.Н. Худяков¹, М.И. Сергушкина¹, И.Г. Патурова²

¹ Институт физиологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар

² Кировский государственный медицинский университет, г. Киров

Важную роль в регуляции иммунной реактивности организма женщины в период беременности играет прогестерон, воздействие которого обеспечивается через ядерные и мембранные рецепторы. Для моонуклеарных клеток обнаружены три гомологичных гена мембранных рецепторов прогестерона – mPR α , mPR β и mPR γ (Zen et al., 2010), а также прогестероно-вый компонент мембраны, в том числе PGRMC1 и PGRMC2 (Thomas et al., 2014), физиологическая роль которых неизвестна. Полагаем, что нейтрофилы периферической крови могут стать объектом оценки иммунной реактивности при беременности.

Цель работы – оценка способности прогестерона изменять радикальную активность нейтрофилов беременных женщин и рожениц.

Исследовали гепаринизированную венозную кровь небеременных женщин (без учета фазы цикла), беременных женщин (I, II и III триместры) и рожениц (I период срочных родов). К 0.1 мл исследуемой крови добавляли 0.05 мл раствора дидрогестерона, приготовленного на растворе Хенкса в конечной концентрации $5 \cdot 10^{-5}$ г/л раствора, что соответствует уровню прогестерона во II триместре беременности (Mitchell, Taggart, 2009) и выдерживали 30 мин при 37 °C. Далее добавляли 0.05 мл суспензии латекса (0.08 мкм) для активации радикального ответа и из полученной смеси 0.1 мл вносили в кювету с 0.9 мл раствора Хенкса и 0.2 мл

люминола. Кювету помещали на 30 мин в измерительную камеру биохемилюминетра БХЛ-07, включали режим перемешивания и термостатирования (37 °C) и оценивали радикальную активность нейтрофилов по методу Л.М. Панасенко и соавт. (2005). Результаты исследования подвергали статистическому анализу с использованием программы «BioStat 2009». Оценку различия проводили по непараметрическим критериям Манна-Уитни и Уилкоксона, считая их значимыми при $p < 0.05$ (Гланц, 1998).

Подтверждено, что при беременности содержание нейтрофилов увеличивается, достигая максимума в родах. Установлено, что дидрогестерон повышает радикальную активность нейтрофилов у беременных женщин и рожениц в равной степени (см. таблицу).

Таким образом, прогестерон способен повышать радикальную активность нейтрофилов при беременности и в родах. Данный метод может найти применение для оценки иммунной реактивности организма.

ЛИТЕРАТУРА

Mitchell B.F., Taggart M.J. Are animal models relevant to key aspects of human parturition? // Am. J. Physiol. Regul. Integr. Comp. Physiol. 2009. Vol. 297. № 3. P. 525-545.

Thomas P., Pang Y., Dong J. Enhancement of cell surface expression and receptor functions of membrane progesterone receptor α (mPR α) by receptor membrane component 1 (PGRMC 1): Evidence for a role of

Показатели радикальной активности нейтрофилов при воздействии дидрогестерона ($5 \cdot 10^{-5}$ г/л) у женщин на разных этапах репродукции

Группы исследуемых	Относительное содержание нейтрофилов, %	СРА нейтрофилов при действии дидрогестерона		
		I _{max} (мВ)	T _{Imax} (с)	S (мВ/с)
Небеременные женщины (n = 20)	39	86.5 (70; 159.5) 1	52.5 (29.75; 160.5)	69.5 (34.25; 274.5) 1
I триместр (n = 20)	59	202 (146; 262.5) *	22 (17.5; 45.5) * 2 P	279 (195.5; 382) *
II триместр (n = 20)	69	181 (140.75; 230.25) *	54.5 (32.5; 72) * 1	208.5 (114; 282.75) *
III триместр (n = 20)	68	176.5 (140; 213.75) *	42.5 (27.25; 76) *	219.5 (145; 397.25) *
Роды (n = 20)	80	208 (111; 344) *	63 (48; 84) * 1	295 (231; 474) *

Примечание: * Статистически значимо ($p < 0.05$) по критерию Уилкоксона от исходного уровня, принятого за 100%; p – статистически значимо по критерию Манна-Уитни с группой рожениц; 1, 2, 3 – статистически значимо по критерию Манна-Уитни I–III триместров соответственно.

PGRMC 1 as an adaptor protein for steroid receptors // Endocrinology. 2014. Vol. 155. № 3. P. 1107–1119.

Zen M., Ghirardello A., Iaccarino L., Campana C., Arienti S., Rampudda M., Canova M., Doria A. Hormones, immune response, and pregnancy in healthy women and SLE patients // Swiss Med. Wkly. 2010. Vol. 140. № 13–14. P. 187–201.

Гланц С. Медико-биологическая статистика. М., 1998. 459 с.

Панасенко Л.М., Краснова Е.И., Ефремов А.В. Клиническое значение хемилюминесцентного ответа лейкоцитов крови при коклюше // Бюл. Сиб. Отд-ния РАМН. 2005. Т. 25. № 3. С.44–47.

СПОСОБ ОЦЕНКИ СИЛЫ МЕЖМОЛЕКУЛЯРНЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ В МОДЕЛЬНОЙ СИСТЕМЕ «МИКРОСФЕРА–МИКРОСФЕРА» МЕТОДОМ ОПТИЧЕСКОЙ ЛОВУШКИ

В.С. Белозеров^{1,2}, И.В. Конышев², А.А. Бывалов¹

¹ Институт физиологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар

² Вятский государственный университет, г. Киров

В настоящее время для изучения взаимодействий биологически активных молекул применяется несколько биофизических подходов: метод магнитной ловушки, атомно-силовая микроскопия и метод оптической ловушки (Neuman, Nagy, 2008). Оптическая ловушка представляет собой плотно сфокусированный лазерный луч, позволяющий захватывать свободно диффундирующие в жидкой среде объекты, размер которых варьирует от нескольких микрометров до десятков нанометров. Жесткость ловушки находится в диапазоне 10^{-6} – 10^{-1} пН·нм⁻¹, что позволяет определять силы взаимодействия более 0.1 пН (Zhang, Lui, 2008).

Цель работы – определить силы взаимодействия между антигеном и специфическим антителом с использованием метода оптической ловушки в модельной системе «микросфера–микросфера».

В эксперименте применялись полистироловые микросферы (Polysciences, Inc., США) двух размеров: малые и большие диаметром 1 и 3 мкм соответственно. Малые микросферы покрывались препаратом липополисахарида (ЛПС), выделенным из культуры *Yersinia pseudotuberculosis*, выращенной при температуре плюс 10 °С (Westplan, Jann, 1965), большие – препаратами трех типов: антителами, специфичными к ЛПС (МКАт-2), гетерологичными антителами (МКАт-7) и бычьим сывороточным альбумином (БСА) в качестве контроля.

В чашку «Fluorodish» (Tokyo Booke, Япония) добавляли 2.3 мл фосфатного буферного раствора (ФБР), затем равномерно распределяли в растворе 1 мкл микросфер диаметром

3 мкм в концентрации 0.5% (вес/объем). Чашку инкубировали при температуре 4 °С в течение 18–24 ч для полного осаждения и закрепления микросфер на дне. После инкубирования смывали слабо закрепившиеся сферы и добавляли 2.3 мл ФБР, распределяя в этом объеме 1 мкл микросфер диаметром 1 мкм в концентрации 0.5% (вес/объем). Чашку устанавливали на термостатируемый столик с постоянной температурой 37 °С, при которой проводились все последующие измерения.

В ходе проведенной работы были получены данные, представленные в таблице. Взаимодействия между микросферами можно разделить на три основных типа: единичный отрыв одной микросферы от другой, «нулевые» опыты (без регистрируемого отрыва) и залипание малой микросферы на поверхности большой.

Наблюдаются достоверные различия ($p \leq 0.01$) в количестве опытов с залипанием в группах «ЛПС–МКАт-2» и «ЛПС–МКАт-7», а также в группах «ЛПС–МКАт-2» и «ЛПС–БСА». В опытах с использованием в качестве сенситинов микросфер гетерологичных антител (МКАт7) и БСА высока доля нулевых опытов – 66.2 и 70.1% соответственно.

В результате проведенных исследований была отработана процедура оценки сил межмолекулярных взаимодействий методом оптической ловушки с применением модельной системы «микросфера–микросфера». Определена сила взаимодействия ЛПС с комплементарным антителом. Данный метод может быть использован в изучении адгезивных свойств поверхностных структур патогенов.

Количественная характеристика межмолекулярных взаимодействий

Оцениваемые показатели	Значение показателей для микросфер		
	ЛПС – МКАт-2	ЛПС – МКАт-7	ЛПС – БСА
Сила взаимодействия, пН	38.46±20.79	32.84±21.39	21.38±12.60
Дистанция отрыва, нм	249±138	219±139	154±62
Количество отрывов, %	56.0	30.3	29.0
Количество нулевых опытов, %	20.8	66.2	70.1
Количество опытов с залипанием, %	23.2	3.5	0.9

ЛИТЕРАТУРА

Neuman K.C., Nagy A. Single-molecule force spectroscopy: optical tweezers, magnetic tweezers and atomic force microscopy // Nat. Methods. 2008. Vol. 5(6). P. 491–505.

Zhang H., Liu K.K. Optical tweezers for single cells // J. R. Soc. Interface. 2008. Vol. 5. P. 671–690.

Westphal O., Jann K. Bacterial lipopolysaccharides: extraction with phenol-water and further applications of the procedure // Methods Carbohydr. Chem. 1965. Vol. 5. P. 83–91.

ВЛИЯНИЕ ХРОНИЧЕСКОГО ВВЕДЕНИЯ МЕЛАТОНИНА
НА ЭЛЕКТРОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ СЕРДЦА КРЫСЫ
В ПЕРИОД ОСТРОЙ ИШЕМИИ-РЕПЕРФУЗИИ

О.Г. Берникова, К.А. Седова, Я.Э. Азаров
Институт физиологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар

Мелатонин – один из перспективных кардиопротекторов, демонстрирующих антиаритмическое действие (Reiter et al., 2010). Наши предыдущие исследования показали, что острое введение мелатонина перед реперфузией уменьшает частоту возникновения фатальных аритмий в реперфузионном периоде. Электрофизиологической основой кардиопротекции являлось сдерживание укорочения реполяризации в зоне ишемии и уменьшение глобальной дисперсии реполяризации в начале реперфузии. Известно, что хроническое введение мелатонина обладает позитивным действием в отношении профилактики аритмий, развивающихся при острой ишемии миокарда (Benova et al., 2013), но электрофизиологические механизмы реализации антиаритмического эффекта мелатонина до конца не ясны.

Цель – определить изменение электрофизиологических свойств миокарда крысы в период ишемии и реперфузии под влиянием хронического приема мелатонина.

Эксперименты проводились на открытом сердце 29 анестезированных крыс. Животные были разделены на три группы: контроль (К, n = 10) и две группы крыс, которым в течение недели перед острым экспериментом по моделированию ишемии-реперфузии перорально вводился мелатонин в концентрациях 2.5 и 10 мг/кг (М 2.5, n = 9), (М 10, n = 8). Параметры деполяризации и реполяризации миокарда определяли с помощью регистрации электрических потенциалов в 64 отведениях от эпикарда правого и левого желудочков с использованием 8×8 электродной матрицы. Униполярные электрограммы регистрировали в исходном состоянии, во время окклюзии левой передней нисходящей коронарной артерии (4 мин) и последующей реперфузии (4 мин). В каждом отведении определяли время активации (АТ) и окончания реполяризации (RT) соответственно как dV/dt_{min} в период QRS комплекса и dV/dt_{max} в период Т волны. Длительности интервала активация-реполяризация (ARI), служившего суррогатным показателем длительности потенциала действия, определяли как разность между RT и АТ. Дисперсию реполяризации (DoRT и DoARI)

измеряли как разность между максимальным и минимальным значениями RT и ARI в зарегистрированных отведениях. Интенсивность изменений электрофизиологических параметров определяли как разницу между исходным значением и значением во время ишемии-реперфузии. Данные представлены в виде медианы и интерквартильного интервала [Me (25;75)].

У животных, получавших в течение недели мелатонин, реперфузионные желудочковые тахикардии (ЖТ/ФЖ) встречались реже по сравнению с контролем (К-7/10; М-3/17, p = 0.021). Ишемия вызывала локальное укорочение ARI(RT), приводившее к повышению дисперсии реполяризации миокарда желудочков, а АТ в зоне ишемии увеличивалось. Реперфузия сопровождалась противоположными изменениями. Интенсивность изменения реполяризации в фазу реперфузии различалась в группе контроля и группе с введенным мелатонином $\Delta RT (RT_{исх}-RT_{реп})$: К = 8 (7;15) и М = 2 (1;7), p = 0.023; $\Delta ARI (ARI_{исх}-ARI_{реп})$: К = 10 (7;14) и М = 5 (3;8), p = 0.041. Глобальная дисперсия реполяризации в начале реперфузии в группе К была больше, чем в группе М. DoRT: К = 10 (6;14) и М = 4 (3;6), p = 0.013; DoARI: К = 10 (8;14) и М = 5 (3;6), p = 0.028. Группы животных также отличались по интенсивности изменений дисперсий реполяризации во время реперфузии по сравнению с исходным состоянием $\Delta DoRT (DoRT_{реп}-DoRT_{исх})$: К = 6 (4;10) и М = 0 (-3;2), p = 0.003; $\Delta DoARI (DoARI_{реп}-DoARI_{исх})$: К = 6 (2;10) и М = 1 (-3;3), p = 0.017. Не было выявлено различий между группами М2.5 и М10 по параметрам реполяризации и интенсивности их изменений во время реперфузии, но по отдельности данные группы проявляли те же различия, характерные для объединенной группы мелатонина, по сравнению с группой контроля.

Итак, хронический прием мелатонина снижает риск развития реперфузионных тахикардий при ишемии миокарда за счет сдерживания изменений параметров реполяризации, влияние недельного применения мелатонина на электрофизиологические свойства миокарда не зависит от дозы.

ЛИТЕРАТУРА

Reiter R.J., Tan D.X., Paredes S.D. et al. Beneficial effects of melatonin in cardiovascular disease // Ann. Med. 2010. № 42. P.276–285.

Benova T., Viczenczova C., Radosinska J. et al. Melatonin attenuates hypertension-related proarrhythmic myocardial maladaptation of connexin-43 and propensity of the heart to lethal arrhythmias // Can. J. Physiol. Pharmacol. 2013. № 91. P. 633–639.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЛОКАЛИЗАЦИИ БЕЛКОВ ПЛОТНЫХ КОНТАКТОВ В ЛОБНЫХ ДОЛЯХ И ОБЛАСТИ *AREA POSTREMA* МОЗГА КРЫСЫ И МЫШИ

А.Е. Бикмурзина, А.Г. Марков

Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург

Многочисленные гистологические исследования позволяют оценить роль плотных контактов в формировании гематоэнцефалического барьера (ГЭБ), который представляет собой структуру, состоящую из клеток эндотелия капилляров и окружающей эти сосуды нейроглии. Интегральные белки плазматической мембраны семейства клаудинов и окклюдина, входящие в состав структуры плотных контактов, являются основными маркерами, определяющими парацеллюлярную проницаемость и барьерные свойства эпителия (Gunzel, Fromm, 2012).

Цель данной работы – изучение экспрессии белков плотных контактов в различных областях головного мозга крысы и мыши. Нами проведен сравнительный иммуногистохимический анализ распределения белков плотных контактов в области мозга, где ГЭБ присутствует, и в циркумвентрикулярных органах, где он ослаблен. Наше внимание было направлено на изучение области *area postrema* мозга крысы, отличающейся повышенной проницаемостью сосудов (Gotow, Hashimoto, 1979).

Исследование проводилось на взрослых самцах крыс линии Wistar массой 180–240 г и на лабораторных мышках. Животные содержались в виварии в условиях свободного доступа к пище и воде. Опыты были поставлены в соответствии с Директивой Совета Европейского сообщества (86/609/ЕЕС) об использовании лабораторных животных. Изучение лобных долей мыши проходило на парафиновых срезах мозга по стандартной методике. Для проведения иммуногистохимического анализа использовали крысиные поликлональные антитела к клаудину-1,-2,-3,-5,-17, мышинные моноклональные антитела к оккклюдину, а также вторичные козы антигены против мыши и крысы AlexaFluor-488 и -594. Иммуногистохимический анализ области *area postrema* осуществлялся на криосрезах мозга крысы с применением первичных мышинных моноклональных антител к оккклюдину и вторичных антител с флуоресцентными метками. Визуализация белков плотных контактов

на полученных срезах осуществлялась на конфокальном микроскопе Leica TCS SP5 в ЦКП Санкт-Петербургского государственного университета «Хромас».

В эндотелии сосудов лобных долей мыши обнаружены две группы белков плотных контактов: снижающие парацеллюлярный транспорт (клаудины-1,-3,-5) и увеличивающие его (клаудины-2,-17). Особый интерес представляет последняя группа, участвующая в образовании межклеточных пор для анионов (клаудин-17) и воды (клаудин-2). Возможно, найденные нами порообразующие белки могут принимать участие в механизмах отека головного мозга (Michinaga, Koyama, 2015). Белок окклюдина выявлен в лобных долях и крысы, и мыши. Распределение окклюдина в *area postrema* крысы было отличным от лобных долей. Данный белок сконцентрировался в основном в латеральной зоне *area postrema*, так называемой области *subpostrema*, с отдельной пространственной локализацией в центральной зоне.

Таким образом, нами обнаружена экспрессия группы клаудинов в эндотелии сосудов лобных долей мыши, снижающих парацеллюлярный транспорт, и белков, которые принимают участие в селективном транспорте анионов и воды. Также имеются региональные распределения окклюдина в паренхиме лобных долей и в *area postrema* мозга мыши и крысы. Такие особенности локализации белков плотных контактов могут указывать на различный уровень проницаемости сосудов в этих областях.

ЛИТЕРАТУРА

Gotow T., Hashimoto P.H. Fine structure of the ependyma and intercellular junctions in the area postrema of the rat // Cell. Tissue Res. 1979. Vol. 201. P. 207–225.

Gunzel D., Fromm M. Claudins and other tight junction proteins. Compr. Physiol. 2012. Vol. 2. P. 1819–1852.

Michinaga S., Koyama Y. Pathogenesis of brain edema and investigation into anti-edema drugs // Int. J. Mol. Sci. 2015. Vol. 16(5). P. 9949–9975.

ОЦЕНКА ИНАКТИВИРУЮЩЕГО ЭФФЕКТА ДЕФОРМАЦИИ МИОКАРДА

К.А. Бутова¹, О.Н. Лукин^{1, 2}

¹ Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург

² Институт иммунологии и физиологии УрО РАН, г. Екатеринбург

Механические условия, при которых происходит развитие сократительного ответа сердечной мышцы, являются одним из важнейших факторов, влияющих на сократительную способность миокарда и оптимальное выполнение насосной функции сердца (Myofilament..., 2010). На уровне целого органа в условиях *in vivo* происходит динамическое изменение нагрузки, задаваемой на кардиомиоциты, а также их деформации в ходе формирования сердцем сократительного ответа (Nichols, 1985). При этом в фазу систолы сердечных камер наблюдается снижение сократительной способности кардиомиоцитов вследствие их укорочения; данный эффект обусловлен влиянием длины сердечной клетки на актин-миозиновое взаимодействие и кооперативную (ин)активацию регуляторных белков саркомера (Myofilament..., 2010). Кроме того, выраженность инактивации сократительной способности клеток сердца зависит от функционального состояния миокарда. Следовательно, характер изменения сократительной способности миокарда при резкой смене механических условий сокращения может быть предиктором патологических изменений.

Цель исследования – разработка методов оценки сократительного потенциала сердечной мышцы, которые бы учитывали условия механической деформации и нагрузки в процессе развития мышц сократительного ответа. Для прямой оценки влияния деформации на сократительную активность миокарда были разработаны биомеханические тесты, с их помощью определяли дефицит силы изометрического сокращения после серии предшествующих искусственно задаваемых укорочений. Тестировали степень инактивации укорочением при вариации: 1) амплитуды укорочения, 2) длительности укорочения, 3) числа последовательно задаваемых укорочений. Эти тесты проводили при различной степени растяжения мышцы (преднагрузке), заданной в % от оптимальной дли-

ны мышцы L_{MAX} с фиксированным шагом (80, 85, 90, 95 и 100%).

Для каждой преднагрузки выполняли тесты при вариации амплитуды (от 50 до 500 мкм с шагом 50–100 мкм) и/или длительности (от 100 до 800 мс с шагом 100–200 мс) укорочений; при этом серии укорочений перемежались с сериями изометрических сокращений, когда длина мышцы оставалась постоянной. Также проводили тест влияния числа последовательно идущих укорочений (1, 3, 5, 10, 30, 60) заданной амплитуды и длительности на степень инактивации сократимости мышцы с чередованием серий укорочений и изометрических сокращений. Вследствие того, что при изометрическом режиме отсутствует геометрический компонент инактивации укорочением, по величине развиваемого в данном режиме мышцей усилия оценивали инактивирующий эффект.

Таким образом, сравнивая величину силы сокращения мышцы, подвергшейся искусственному укорочению, с величиной усилия, развиваемого в отсутствие изменения длины, представляется возможным оценить влияние различных механических условий на степень инактивации сократительного ответа мышечного препарата. Разработанные биомеханические тесты могут быть использованы для определения сократительного потенциала сердечной мышцы в условиях динамического изменения ее длины при сокращении на разных преднагрузках.

Работа поддержана РФФИ (грант № 18-04-00572) и программой ФНИ государственных академий наук на 2013–2020 гг. в ИИФ УрО РАН (тема 65.5).

ЛИТЕРАТУРА

Myofilament length dependent activation / P.P. de Tombe, R.D. Mateja, K. Tachampa et al. // Journal of molecular and cellular cardiology. 2010. Т. 48. № 5. С. 851–858.

Nichols C.G. The influence of 'diastolic' length on the contractility of isolated cat papillary muscle // The Journal of physiology. 1985. Т. 361. № 1. С. 269–279.

СКОРОСТЬ ОКИСЛЕНИЯ ЖИРОВ У ЛЫЖНИКОВ-ГОНЩИКОВ В ПОКОЕ И ПРИ ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКЕ «ДО ОТКАЗА»

Е.А. Бушманова¹, А.Ю. Людина²

¹ Сыктывкарский государственный университет им. Питирима Сорокина, г. Сыктывкар

² Институт физиологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар

Для достижения высоких результатов в разных видах спорта на выносливость, к которым относятся лыжные гонки, необходимы исключительная работа кислородно-транспортной системы и способность скелетных мышц к окислению жиров и углеводов, имеющих пер-

востепенное значение для спортсменов (Randell et al., 2013; Hall et al., 2016). Стратегии увеличения запасов гликогена достаточно хорошо изучены, в то время как механизм скорости окисления жиров, как наиболее энергоемких молекул, получил высокий интерес со стороны уче-

ных, тренеров и спортсменов в последнее время (Kang et al., 2007; Noland, 2015; Hall et al., 2016).

Показатель скорости окисления жиров (СОЖ) меняется в зависимости от вида спорта, степени тренированности спортсмена, доли жировой массы, уровня сытости, возраста и пола (Noland, 2015; Hall et al., 2016) и от других факторов, которые чаще всего не берутся во внимание и мало изучены [1]. Данные обстоятельства актуализируют проблему качественного мониторинга оценки адаптационных возможностей высококвалифицированных спортсменов разных половозрастных групп.

Цель работы – изучение характера СОЖ у лыжников-гонщиков при ступенчато возрастающей нагрузке в тесте «до отказа» и выявление факторов, влияющих на этот процесс (пол, возраст, спортивная квалификация).

В общеподготовительный период обследовано 26 юношей и 11 девушек, занимающихся циклическим видом спорта (лыжные гонки). Спортивная квалификация исследуемых спортсменов – кандидаты в мастера и мастера спорта. Все спортсмены являются членами сборной Республики Коми по лыжным гонкам, часть из которых входит в сборную России. Были проведены градации по спортивной квалификации (МС и КМС), возрасту: 16–19 лет ($n = 14$), 20–29 лет ($n = 12$), полу (юноши $n = 16$ и девушки $n = 11$).

Скорость окисления жиров (СОЖ) определяли методом непрямой калориметрии на эргоспирометрической системе «Oxycon-Pro» (Jaeger, Германия) в режиме «Breath by Breath». Все обследуемые проходили нагрузочный тест «до отказа» на велоэргометре.

Скорость окисления жиров у высококвалифицированных лыжников-гонщиков сборной РК в покое сидя (приблизительно 30% от уровня МПК) составила 0.17 ± 0.05 г/мин, что сопоставимо с данными по окислению жиров среди спортсменов циклических видов спорта (Randell et al., 2013; Hall et al., 2016). Максимальное окисление жиров наблюдалось в диапазоне 40–60% от МПК. Средний показатель пи-

кового окисления жиров составил 0.77 ± 0.16 г/мин, варьируя среди обследуемых от 0.45 до 0.93 г/мин. Анализ кинетики окисления жира в зависимости от МПК обследуемых лыжников показал более раннее наступление максимума по сравнению с зарубежными спортсменами, что, вероятно, связано с особенностями функционального состояния спортсменов или неспецифической нагрузкой (для лыжников велонагрузка является неспецифичной). Мастерство и выносливость ассоциированы с более высокой пиковой СОЖ и более длительным удержанием этой скорости до 80–90% от МПК. Возрастные особенности проявляются только на пике нагрузки, в диапазоне 60–70% от МПК. Отмечена более высокая фоновая и максимальная СОЖ у мужчин (0.53 г/мин) в отличие от женщин (0.33 г/мин), что соответствовало нагрузке 120 Вт.

Считаем необходимым включение в общий протокол оценки функционального состояния спортсменов показатели скорости окисления жиров, что позволит получать объективную информацию об уровне аэробной готовности спортсмена, а также быстро и целенаправленно проводить коррекцию тренировочного процесса и восстановление спортсменов в подготовительный и особенно соревновательный периоды.

ЛИТЕРАТУРА

Randell R.K., Rollo I., Roberts T.J., Dalrymple K., Jeukendrup A.E., Carter J.M. Maximal Fat Oxidation Rates in an Athletic Population // Med Sci Sports Exerc. 2013. P. 145.

Noland R.C. Exercise and Regulation of Lipid Metabolism // Progress in Molecular Biology and Translational Science. 2015. P. 36.

Hall A.U., Edin F., Pedersen A., Madsen K. Whole-body fat oxidation increases more by prior exercise than overnight fasting in elite endurance athletes // Appl. Physiol. Nutr. Metab. 2016. V. 41(4). P. 430–437.

Kang J., Hoffman J.R., Ratamess N.A., Faigenbaum A.D., Falvo M., Wendell M. Effect of Exercise Intensity on Fat Utilization in Males and Females, Research in Sports Medicine // An International Journal. 2007. No. 15(3). P. 175–188.

ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕСТРУКЦИИ ПЕКТИНОВЫХ ГИДРОГЕЛЕЙ В УСЛОВИЯХ ГАСТРОЭНТЕРАЛЬНОЙ СРЕДЫ *IN VITRO*

М.В. Волкова, В.С. Белозеров, П.А. Марков

Вятский государственный университет

Центр превосходства «Фармацевтическая биотехнология», г. Киров

Одной из причин, ограничивающих применение пектиновых гелей в качестве средств пероральной доставки, является их деструкция в верхних отделах пищеварительного тракта.

Цель работы – выявление пектинов, гели из которых устойчивы к деструкции в средах, имитирующих физико-химические условия гастрэнтеральной полости человека.

В исследовании использованы пектиновые гидрогели, приготовленные из 2- и 4%-ных растворов пектинов: AU701 (Herbstreith & Fox, Germany); комаруман СР, бергенан ВС, танацетан TVC и гераклиуман HS (Институт физиологии Коми НЦ УрО РАН). В качестве модельного лекарственного препарата применялся месалазин. Желирование пектинов проводили ионо-

тропным методом с использованием 1М раствором хлорида кальция. Часть пектиновых гранул обрабатывалась силикатом натрия. Инкубирование гранул для изучения высвобождения препарата из пектиновых гелей осуществлялось в растворах SGF и SIF, имитирующих среды желудка и 12-перстной кишки соответственно. Интенсивность деструкции оценивали по изменению массы и размеров гранул. Содержание кальция в гранулах определялось методом энергодисперсионной рентгеновской спектроскопии (JSM6510LV, JEOL, США). Содержание в гранулах и количество высвободившегося месалазина исследовались с помощью высокоэффективной жидкостной хромато-масс-спектрометрии (LCMS-8040, Shimadzu, Япония).

Установлено влияние концентрации пектина и месалазина на высвобождение лекарственного препарата в среде желудка и 12-перстной кишки. Изучались гранулы, содержащие 1, 2 или 4% месалазина. Гранулы, изготовленные из 2%-ного раствора пектина и 4%-ного раствора месалазина, удерживают около 40% лекарственного препарата после стадии «желудка», а гранулы из 4%-ного раствора пектина и 4%-ного раствора месалазина – около 60%. Пекти-

новые гидрогели с содержанием каждого компонента менее 2% разрушаются на стадии инкубации в SGF. Не выявлена зависимость высвобождения месалазина из гранул от наличия или отсутствия ионов кремния. Обработка силикатом натрия способствовала уменьшению размеров и массы пектиновых гидрогелей.

Установлено, что деструкция пектиновых гелей сопровождается снижением в них количества кальция. Интенсивность вымывания кальция зависит от типа пектинового геля. Так, например, гранулы из пектина бадана при потере 60% ионов кальция не разрушаются в средах SGF и SIF. Гранулы из пектина пажиты и борщевика лучше удерживают ионы кальция, но при потере такого же количества на стадии «желудка» в среде SIF разрушаются. Гранулы из пектина сабельника, по сравнению с другими пектинами, даже при незначительных потерях ионов кальция на стадии SGF после «желудка» разрушаются. Доказано, что из гидрогелей, устойчивых к деструкции в среде SGF, месалазин высвобождается меньше.

Таким образом, для конструирования средств пероральной доставки были выбраны пектиновые гидрогели, полученные из пектина пажиты TVC.

ЭФФЕКТЫ ЦЕЗИЯ И НИКЕЛЯ НА ЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ КЛЕТОК ИЗОЛИРОВАННОЙ СИНОАУРИКУЛЯРНОЙ ОБЛАСТИ ЭМБРИОНОВ И НОВОРОЖДЕННЫХ МЫШЕЙ

М.А. Гонотков

Институт физиологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар

Медленная диастолическая деполяризация (МДД) обуславливает спонтанную электрическую активность синоаурикулярной (СА) области. Активируемый гиперполяризацией входящий ток I_f инициирует начало МДД, тогда как кратковременный входящий кальциевый ток I_{CaT} участвует в формировании второй половины длительности фазы МДД (Mangoni, Nargeot, 2008). Роль ионных токов, участвующих в формировании МДД в сердце эмбрионов млекопитающих изучают на изолированных клетках желудочков эмбрионов. В доступной литературе нам не удалось обнаружить сведения о роли токов I_f и I_{CaT} у клеток СА-узла эмбрионов мышей (Ophthof, 2007).

Цель настоящего исследования – сравнение функциональной роли токов I_f и I_{CaT} в генерации ПД клеток САУ эмбрионов и новорожденных мышей.

Эксперименты были выполнены в условиях стандартной микроэлектродной техники (температура раствора Тироде – 38 °C) на спонтанно сокращающихся препаратах правого предсердия эмбрионов (возраст 13–14 сут., $m_{\text{тела}} = 0.4 \pm 0.01$ г, $n_{\text{полосок}} = 3$) и новорожденных мышей (возраст 1–2 дня, $m_{\text{тела}} = 1.7 \pm 0.3$ г, $n_{\text{полосок}} = 3$). Для оценки роли токов I_f и I_{CaT} использовали специфические блокаторы: цезий (Cs^+)

(«ROTH», Германия) и никель (Ni^{2+}) («Alfa Aesar», Германия). От каждой полоски мы регистрировали ПД от 7–10 клеток. Данные приведены как среднее арифметическое $\pm$ стандартное отклонение ($M \pm u$). Протокол экспериментов соответствует международным правилам (Guide for the Care and Use of Laboratory Animals, publication US NIH rev. 2011).

Частота генерации потенциалов действия (ПД) у клеток СА-узла эмбрионов и новорожденных мышей в среднем составила 197 ± 15 и 373 ± 11 имп/мин соответственно. Скорость нарастания ПД в фазу 0 ($dV/dt_{\text{макс}}$) у эмбрионов составила 6.7 ± 2.1 В/с, у новорожденных мышей – 5.5 ± 1.7 .

При аппликации Cs^+ (2 мМ) у клеток СА-узла эмбрионов мыши зафиксировали увеличение длительности МДД с 203 ± 38 до 247 ± 34 мс и замедление скорости фазы 4 от 80 ± 27 до 60 ± 10 мВ/с. Это привело к снижению частоты генерации ПД на 13% (с 197 ± 15 до 171 ± 16 имп/мин). У клеток СА-узла новорожденных мышей добавление в солевой раствор Cs^+ (2 мМ) приводило к увеличению длительности МДД с 76 ± 15 до 121 ± 8 и замедлению фазы 4 от 177 ± 66 до 69 ± 12 мВ/с. В итоге частота генерации ПД снизилась на 22% (с 373 ± 11 до 290 ± 37 имп/мин).

Никель (50 мкМ) у клеток САУ эмбрионов мыши вызывал увеличение длительности МДД почти в два раза (с 174 ± 45 до 307 ± 4 мс) и замедление скорости фазы 4 в 1.5 раза (от 88 ± 13 до 46 ± 5 мВ/с). Как результат частота генерации ПД снизилась на 32% (с 212 ± 34 до 145 ± 9 имп/мин). У клеток СА-узла новорожденных мышей под влиянием Ni^{2+} (50 мкМ) частота генерации ПД снизилась на 10% (с 391 ± 29 до 353 ± 25 имп/мин) в основном за счет увеличения длительности ПД на уровне 90% реполяризации (ДПД_{90}) с 57 ± 9 до 68 ± 15 мс. При этом наблюдали снижение скорости $dV/dt_{\text{макс}}$ с 6.3 ± 1.7 до 4.0 ± 0.4 В/с.

Таким образом, при сравнительном исследовании выявили, что у клеток СА-узла новорожденных в два раза большая чувстви-

тельность к Cs^+ (2 мМ), чем у клеток СА-узла эмбрионов мышей, тогда как эффекты Ni^{2+} (50 мкМ) – блокатора тока I_{CaT} – выражены сильнее у клеток СА-узла эмбрионов мышей.

Работа поддержана НИР № ГР АААА-А17-117012310152-2 и комплексной программой УрО РАН ГР № АААА-А18-118012200156-3.

ЛИТЕРАТУРА

Mangoni M.E., Nargeot J. Genesis and regulation of the heart automaticity // *Physiol. Rev.* 2008. V. 88(3). P. 919–982.

Ophthof T. Embryological development of pacemaker hierarchy and membrane currents related to the function of the adult sinus node: implications for autonomic modulation of biopacemakers // *Med. Biol. Eng. Comput.* 2007. V. 45(2). P. 119–132.

ВЛИЯНИЕ ВИТАМИНИЗАЦИИ НА УРОВЕНЬ ПИРУВАТА В КРОВИ СТУДЕНТОВ-МЕДИКОВ

Н.И. Гончаров¹, А.Ю. Людинина²

¹ Сыктывкарский государственный университет им. Питиримы Сорокина, г. Сыктывкар

² Институт физиологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар

Тиамин (В1) в активной форме тиаминдифосфата является критическим сопутствующим фактором и служит коферментом в реакциях, в которых происходит перенос активированных альдегидных групп. Имеется два типа таких реакций: окислительное декарбоксилирование кетокислот (окислительное декарбоксилирование пирувата в составе пируватдегидрогеназного комплекса) и транскетолозные реакции (например, реакции пентозофосфатного пути) (Марри и др., 1993). Постоянное отсутствие тиамина может привести к невропатиям и сердечно-сосудистым расстройствам. Известно, что организм может хранить достаточное количество тиамина в течение 30 дней, при этом недостаток тиамина в течение одной недели приводит к слабости и тахикардии даже у здоровых людей (Falder et al., 2010).

Цель данной работы – изучить влияния месячного приема витаминов на концентрацию пирувата в сыворотке крови у студентов.

Материалом исследования служила сыворотка крови студенток-медиков (возраст 20.3 ± 2.6 лет), ($n = 28$), взятая до и после месячного приема витаминов «Витабаланс-МУЛЬТИВИТ» продукции ООО «Литораль», содержащих в одной капсуле 4.1 мг тиамина (273% суточной нормы). Метод: определение пирувата в сыворотке крови проводилось по реакции с 2,4-динитрофенилгидразином в щелочной среде. В результате реакции образовались окрашенные в красно-коричневый цвет гидразоны. Интенсивность окраски, измеренная фотоэлектроколориметрически, при длине волны 546 нм пропорциональна количеству пирувата в исследуемой сыворотке. Количество пирувата выражено в ммоль/л. Об обеспечении организма тиамином судили по ТДФ-эффекту. Данные были пред-

ставлены Н.Н. Потолицыной из отдела экологической и медицинской физиологии. Считается, что показатели ТДФ-эффекта больше 1.15 усл. ед. свидетельствуют о дефиците тиамина (Бойко, 2005). Статистическая обработка данных осуществлялась с помощью программы STATISTICA 7. Распределение переменных определяли с помощью критерия Колмогорова-Смирнова. Сравнение проводили по непараметрическому критерию Уилкоксона. Корреляция проверялась с помощью рангового распределения Спирмена. Достоверными считали различия на уровне значимости $p < 0.05$.

Нормальный уровень пирувата в крови – 0.03–0.1 ммоль/л (Tiets, 1987). Для северян характерна тенденция к весьма низкому содержанию сывороточного пирувата (0.049 ± 0.006). Причин может быть несколько. Прежде всего, это следствие активного его использования печенью в процессах глюконеогенеза, а также активным переводом в аланин в целях транспортировки аминокислот из периферических тканей в печень (Бойко, 2005).

Обеспеченность организма тиамином считается адекватной при уровне 1–1.15 усл. ед. (Tiets, 1987). Обеспеченность городских жителей Севера тиамином у мужчин и женщин варьирует в различных возрастных группах. У женщин параметры ТДФ-эффекта более благоприятные и варьируют в пределах 1.17–1.22 усл. ед., у мужчин – 1.18–1.29. Лица с показателями ТДФ-эффекта выше 1.15 усл. ед. составляют 47.4% у женщин и 49.6% – у мужчин (Бойко, 2005). В результате проведенных исследований установлено, что концентрация пирувата в крови у студентов при пероральном приеме витаминов статистически значимо понижается (0.015 ± 0.003 против 0.013 ± 0.003 , $p < 0.05$).

Анализ ТДФ-эффекта исследуемых студентов в результате приема витаминов остался без статистически значимых изменений ($p > 0.05$). Лица с показателем ТДФ-эффекта выше 1.15 усл. ед. до витаминизации составили 53.6% от выборки, после – 50.0%. Эти показатели выше литературных значений по обеспеченности тиаминном городских жителей Севера, что говорит о недостаточном количестве продуктов питания, богатых тиаминными веществами с особенностями метаболизма. Сопоставив данные ТДФ-эффекта и концентрации пирувата в марте 2013 г., сделан вывод, что корреляция слабая ($r = 0.36$) и статистически не подтверждается ($p > 0.05$).

Эффект добавок тиамина увеличивает концентрацию тиамина в сыворотке крови (добавка 1 мг эквивалентна увеличению тиамина в

сыворотке на 0.4 нг/мл), что в свою очередь снижает уровень пирувата (увеличение на 1 нг/мл тиамина в сыворотке соответствует уменьшению пирувата на 2 мкмоль в эффективном диапазоне до 40 нг/мл) (Falder et al., 2010).

ЛИТЕРАТУРА

Falder S., Silla R., Phillips M., Rea S., Gurfinkel R., Baur E., Bartley A., Wood F.M., Fear M.W.. Thiamine supplementation increases serum thiamine and reduces pyruvate and lactate levels in burn patients // Burns. 2010. Vol. 36. P. 261–269.

Tietz N.W. Fundamentals of clinical chemistry. Philadelphia: W.B. Saunders Company. 1987. 1010 p.

Бойко Е.Р. Физико-биохимические основы жизнедеятельности человека на Севере. Екатеринбург: УрО РАН, 2005. 190 с.

Марри Р., Греннер Д., Мейес П., Родуэлл В. Биохимия человека. Т. 1. М.: Мир, 1993. С. 177.

ЭФФЕКТ ГИПОТЕРМИИ НА АВТОМАТИЗМ СЕРДЦА КУРИНОГО ЭМБРИОНА *IN VITRO*

А.В. Дуркина^{1,2}

¹ Институт физиологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар

² Сыктывкарский государственный университет им. Питирима Сорокина, г. Сыктывкар

Функция эмбрионального сердца сильно зависит от температуры. Изменения температуры затрагивают свойства проводимости мембраны. Такие изменения имеют решающее значение в генерации и распространении электрической активности в эмбриональном сердце.

Цель работы – изучение эффектов температуры на механическую и электрическую активность клеток изолированного правого предсердия куриного эмбриона.

Исследования проводили на оплодотворенных яйцах породы Белый Леггорн (White Leghorn), привезенных с птицефабрики Зеленецкая ($m_{\text{тела}} = 5.7 \pm 2.9$ г, возраст 10 ± 2 сут.). Экспериментальный протокол был одобрен независимым Комитетом по биоэтике Института физиологии Коми НЦ УрО РАН (заключение от 25 декабря 2017 г.) и соответствовал международным правилам «Для использования лабораторных животных» (Guide for the Care and Use of Laboratory Animals, 8-е издание, опубликованное National Academies Press (US) 2011 г.). Влияние температуры (от 26 до 10 °C) на частоту спонтанных сокращений (ЧСС) препаратов правого предсердия оценивали путем визуального наблюдения в чашке Петри ($n_{\text{предсердий}} = 15$) в растворе Тироде (мм/л): NaCl 140, NaHCO₃ 10, KCl 5.4, CaCl₂ 1.8, MgSO₄ 1, глюкоза 10, HEPES 5, pH = 7.4. Внутриклеточные потенциалы регистрировали с помощью микроэлектродной техники ($n_{\text{предсердий}} = 3$) в диапазоне температуры от 36 до 20 °C. Нагревание и охлаждение препарата проводили путем добавления раствора необходимой температуры. Достоверность различий оценивали с помощью U-критерия Манна-Уитни. Данные представлены в виде среднего $\pm$ стандартное отклонение ($M \pm y$).

Частота спонтанных сокращений препаратов, закрепленных в чашке Петри, в контрольном растворе (26 °C) составила 119 ± 24 уд/мин. При понижении температуры от 26 до 16 °C ЧСС снизилась в три раза и была равна 36 ± 9 уд/мин ($p < 0.01$). Прекращение визуальной активности наблюдали при 10 °C. Возобновление спонтанных сокращений зафиксировали при 14 °C ($n = 1$), 16 °C ($n = 2$), 18 °C ($n = 6$), 20 °C ($n = 3$) и 22 °C ($n = 3$), ЧСС в среднем составляла 51 ± 33 уд/мин. При последующем согревании раствора от 10 до 26 °C ЧСС препарата равнялась 126 ± 20 уд/мин, что сопоставимо с контролем.

В экспериментах с использованием микроэлектродной техники препарат помещали в термостатированную камеру с раствором Тироде. Температуру раствора понижали постепенно с интервалом 1–2°. При снижении температуры от 36 до 31 °C частота генерации ПД замедлялась на 38% – от 294 до 183 имп/мин. При охлаждении раствора от 31 до 26 °C частота генерации ПД снижалась от 183 до 85 имп/мин. Дальнейшее понижение температуры от 26 до 21 °C приводило к замедлению частоты импульсов от 85 до 68 имп/мин и прекращению электрической активности. Следует отметить, что при охлаждении раствора от 36 до 21 °C частота генерации ПД снижалась за счет удлинения фазы медленной диастолической деполяризации (МДД) в 11 раз (от 48 до 539 мс) и увеличения длительности ПД на уровне 90% (ДПД90) реполяризации в пять раз (от 52 до 249 мс). Восстановление спонтанных сокращений наблюдали при 23 °C (80 ± 23 имп/мин). Согревание препаратов до 36 °C приводило к восстановлению всех исходных значений препарата правого предсердия куриного эмбриона.

При понижении температуры раствора величина температурного коэффициента Q_{10} в интервале 35–25 °С равна 3.2, $Q_{32-22} = 2.4$, что сопоставимо с кроликом ($Q_{35-25} = 1.5-3.0$) (Головко, 1989). Снижение температуры раствора на 5 °С приводит к замедлению частоты спонтанных сокращений препарата правого предсердия куриного эмбриона в среднем на 30% за счет увеличения длительности фазы МДД и ДПД90, что свидетельствует о том, что наиболее чув-

ствительны к температуре ионные токи, отвечающие за формирование пейсмейкерной активности.

Работа поддержана НИР № ГР АААА-А17-117012310152-2 и комплексной программой УрО РАН ГР № АААА-А18-118012290365-2 (2018-2020).

ЛИТЕРАТУРА

Головко В.А. Влияние ионов и температуры на генерацию ритма сердца позвоночных. Л.: Наука, 1989. 152 с.

РОЛЬ ТУЧНЫХ КЛЕТОК В РЕГУЛЯЦИИ СПЕРМАТОГЕНЕЗА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ВИДАХ ФИЗИЧЕСКИХ НАГРУЗОК

М.А. Жиликова, Ю.С. Храмцова

Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург
Институт иммунологии и физиологии УрО РАН, г. Екатеринбург

Одной из наиболее острых проблем репродуктивной медицины в настоящее время считается рост числа бесплодных мужчин. Современная физиология располагает значительным количеством данных, свидетельствующих о влиянии физических нагрузок на функциональное состояние органов и тканей (Козлов, Кудаева, 2002). Установлено, что умеренные физические нагрузки повышают реактивность организма, тогда как высокоинтенсивные и продолжительные тренировки оказывают неблагоприятное воздействие на различные системы органов, включая мужскую половую систему. Вместе с тем не вызывает сомнения факт участия иммунной системы в регуляции репродуктивной функции мужчин (Козлов, Кудаева, 2002; Олишевский, 2010). В связи с этим представляется интерес изучение изменений, происходящих в иммунных клетках мужских половых желез при различных видах физических нагрузок.

Иммунное микроокружение семенника характеризуется значительным разнообразием элементов, включая лимфоциты, макрофаги, дендритные и тучные клетки (мастоциты, лаброциты) (Hedger, 1997). В настоящей работе были изучены изменения морфофункциональных параметров мастоцитов как наиболее гетерогенной популяции клеток. Действительно, известно, что лаброциты содержат в своих гранулах множество разнообразных физиологически активных веществ и отличаются широким набором функционально важных поверхностных антигенов (Арташян и др., 2006; Юшков и др., 2011).

Для исследования отобраны четыре группы самцов крыс по пять особей в каждой выборке. Крысы были разделены по группам в зависимости от интенсивности получаемой нагрузки: интактная группа; группа, подвергавшаяся нагрузке умеренной интенсивности, состоявшей в ежедневном двухчасовом плавании самцов

в специально оборудованном бассейне; группа с нагрузкой высокой интенсивности, представлявшей собой каждодневное плавание особей в течение 6 ч с 30-минутными перерывами для отдыха каждые 2 ч; группа, получавшая нагрузку максимальной интенсивности в виде плавания самцов с грузом в размере 20% от массы тела по пять подходов (1 мин. – плавание, 3 мин. – отдых).

По окончании эксперимента производили забор семенников и изготавливали гистологические препараты, на которых было определено функциональное состояние сперматогенеза (средний индекс сперматогенеза, среднее число сперматогоний в канальце, диаметр семявыносящего канальца, площадь поперечного сечения семенного канальца; количество нефункционирующих канальцев), а также изменения параметров популяции тучных клеток (среднее число тучных клеток на 1 мм², средний гистохимический коэффициент, средний индекс дегрануляции). Полученные данные анализировали с помощью теста Краскела-Уоллиса.

Установлено, что наилучший сперматогенез наблюдался у группы особей после физической нагрузки умеренной интенсивности, тогда как у самцов после высоко- и максимальной интенсивной нагрузки состояние сперматогенного эпителия образно ухудшалось. Среднее количество тучных клеток на 1 мм² статистически значимо снижалось только у группы после нагрузки высокой интенсивности. Кроме того, обнаружено значимое увеличение среднего индекса дегрануляции у группы после нагрузки максимальной интенсивности. Предположительно, гормоны стресса – катехоламины и кортикостероиды – оказали ингибирующее влияние на синтетическую активность лаброцитов, что проявилось в снижении данного параметра у особей после высоко- и максимально интенсивных нагрузок.

ЛИТЕРАТУРА

Арташян О.С. Изучение функциональной активности тучных клеток при иммобилизационном стрессе / О. С. Арташян, Б.Г. Юшков, Е.А. Мухлынина // Цитология. 2006. Т. 48. №. 8. С. 665–668.

Козлов В.А. Иммунная система и физические нагрузки / В.А. Козлов, О.Т. Кудяева // Медицинская иммунология. 2002. Т. 4. №. 3. С. 427–438.

Олишевский С.В. Роль иммунной системы в поддержании работоспособности и адаптационных возможностей организма спортсменов // Спортивная медицина. 2010. № 1–2. С. 47–56.

Тучные клетки: физиология и патофизиология / Б.Г. Юшков [и др.]. М.: Медицина, 2011. 240 с.

Hedger M.P. Testicular leukocytes: what are they doing? // Reviews of reproduction. 1997. Т. 2. № 1. С. 38–47.

ВЛИЯНИЕ ЧРЕЗМЕРНОЙ ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ НА СПЕРМАТОГЕНЕЗ У КРЫС НА ФОНЕ ВВЕДЕНИЯ МИЛДРОНАТА

В.С. Житкова, Ю.С. Храмова

Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург

Институт естественных наук и математики

Департамент биологии и фундаментальной медицины

Институт иммунологии и физиологии УрО РАН

Характер взаимосвязи между двигательной активностью и состоянием репродуктивной системы определяется объемом физической нагрузки и сроками восстановления. Чрезмерные физические нагрузки (ЧФН) ухудшают общее состояние здоровья человека, что приводит к ускоренному старению и снижению репродуктивной функции, отражаясь на процессе сперматогенеза (Корочкина, 2014; Najizadeh, 2015). Актуальность изучения данной проблемы заключается в изучении последствий действия повреждающих факторов на состояние репродуктивной системы и преодоления проблемы мужского бесплодия.

Цель исследовательской работы – изучение влияния ЧФН на сперматогенез у крыс на фоне введения препарата «Милдронат».

Для эксперимента было отобрано 15 самцов крыс половозрелого возраста, разделенных на три группы:

1. Интактные животные (n = 5);

2. Животные, подвергающиеся ЧФН (контрольная группа) (n = 5);

3. Животные, которые подвергались ЧФН на фоне введения препарата (опытная группа) (n = 5).

Перед началом работы у всех крыс была определена масса тела, которая регистрировалась раз в неделю в течение эксперимента. ЧФН состояла в прикреплении к хвосту груза весом 20% от массы тела, и крыса плавала по схеме: 1 мин. – плавание, 3 мин. – отдых (пять кругов). Крысам опытной группы перед каждым плаванием внутримышечно вводили препарат «Мельдоний», дозировка которого составляла 10 мг/кг. Животные выводились из эксперимента через четыре недели с последующим изъятием органов. На препаратах семенников измеряли шесть морфофункциональных показателей. Для исследования у животных проводили забор периферической крови. Концентрацию тестостерона в семенниках определяли методом иммуноферментного анализа. Статистическую обработку данных осуществля-

ли с использованием непараметрического критерия Манна-Уитни. Различия считали достоверными при $p < 0.05$.

ЧФН не влияет на массу животных. У крыс контрольной группы по сравнению с интактной группой зафиксировано увеличение масс обоих семенников, изменяются показатели весового коэффициента, происходит достоверное снижение индекса сперматогенеза, но при этом количество нормальных сперматогоний в канальцах семенника возрастает. Сперматограмма достоверно возрастает за счет увеличения общего количества клеток в семенных канальцах. По анализу показателей концентрации тестостерона наблюдается тенденция к его снижению. При введении милдроната в организм у животных отмечены изменения в массе тела по сравнению с контрольной группой. В отличие от интактной группы обнаружено значительное увеличение массы семенников, также уменьшается индекс сперматогенеза и снижается количество нормальных сперматид, что говорит о снижении генеративной активности семенника и ухудшении процесса сперматогенеза при приеме препарата «Милдронат». Сперматограмма между контрольной и опытной группами достоверно возрастает. Концентрация тестостерона во время приема препарата достоверно снижается.

Животные контрольной группы испытывают сильный стресс. ЧФН оказывает негативное влияние на сперматогенез. Однако при этом необратимых изменений в семенниках не наблюдается, и отмена тренировок приведет к восстановлению нормального сперматогенеза за счет сохранения пула стволовых клеток – сперматогоний. При введении препарата «Милдронат» у опытной группы существенных физиологических изменений не произошло. Применение препарата не отменяет негативного влияния на сперматогенез, более того, судя по морфометрическим данным и концентрации тестостерона в крови, его влияние еще больше усугубляется.

ЛИТЕРАТУРА

Корочкина Е.А. Морфофункциональное состояние семенников и надпочечников крыс в условиях стресса // Генетика и разведение животных. 2014. № 3. С. 28–31.

Hajizadeh M.B. Long-term Low-to-Intensive Cycling Training: Impact on Semen Parameters and Seminal Cytokines / B. Hajizadeh Maleki, B. Tartibian // Clinical Journal of Sport Medicine. 2015. V. 6. № 6. P. 535–540.

ДИНАМИКА ЗРИТЕЛЬНОГО УТОМЛЕНИЯ В ТРЕНИРОВОЧНОМ ПРОЦЕССЕ КИБЕРСПОРТСМЕНОВ

А.Р. Ибрагимов, Р.Г. Биктемирова, Т.Л. Зефилов

Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань

Компьютерный спорт, далее – киберспорт (вне СНГ больше известен как англ. *e-Sports*) – игровые соревнования с использованием компьютерных технологий, где компьютер моделирует виртуальное пространство, внутри которого происходит состязание. В силу специфики данного вида спорта изменения показателя критической частоты слияния мельканий у киберспортсменов в процессе тренировки имеют большое значение при изучении процесса зрительного утомления в киберспорте.

Критическая частота слияния мельканий (КЧСМ) представляет собой минимальную частоту вспышек света, сопровождающуюся ощущением непрерывного равномерного свечения и измеряемую в герцах (Гц). В.В. Розенблат считал, что в развитии утомления, вызванного физической или умственной работой, основная роль принадлежит центральной нервной системе (Розенблат, 1975). Поскольку КЧСМ определяется отделами зрительного анализатора, такими как центральный зрительный нейрон и зрительная кора, которые являются самыми инертными звеньями зрительной системы, то при утомлении организма в связи со снижением работоспособности корковых клеток значение КЧСМ уменьшается, что позволяет контролировать функциональное состояние организма и степень его утомления по изменению КЧСМ.

Было проведено два тестирования испытуемых на приборе «СВЕТО-ТЕСТ» для исследования динамики показателя КЧСМ у киберспортсменов в процессе тренировки.

В эксперименте принимали участие две группы испытуемых: Г-1 и Г-2 по 10 чел. в каждой. Г-1 – лица, выступающие в киберспортивных играх жанра «МОБА». Г-2 – лица, выступающие в киберспортивных играх жанра «FPS». В обоих случаях тренировочный процесс проводился в формате игр 5×5 на протяжении 60 мин.

Выбраны две киберспортивные игры разных жанров для проведения исследования – «Heroes of the Storm» и «Overwatch».

«Heroes of the Storm» – онлайн-игра жанра «МОБА» (*multiplayer online battle arena* / многопользовательская онлайн-боевая арена). В играх жанра «МОБА» в первую очередь от игроков требуется развитие стратегическое и аналитическое мышление.

«Overwatch» – компьютерная игра, которая относится к жанру «FPS» (*first-person shooter* / шутер от первого лица). В играх жанра «FPS» от спортсменов требуется наличие высокой скорости реакции и сбалансированных процессов торможения и возбуждения в нервной системе.

На первом этапе исследования был проведен анализ среднего показателя КЧСМ у представителей обеих групп до начала тренировки. Средний показатель КЧСМ в Г-1 составил 44.32 ± 1.02 Гц для правого глаза и 44.21 ± 0.87 – для левого. В Г-2 средний показатель КЧСМ составил 45.01 ± 0.25 и 44.81 ± 1.2 Гц соответственно. Достоверных различий между средним показателем КЧСМ у представителей обеих групп до начала тренировки в избранной игре нами не выявлено ($p > 0.05$).

Далее была проведена тренировка продолжительностью в 60 мин., после которой нами получены новые результаты КЧСМ у представителей обеих групп. Средний показатель КЧСМ у Г-1 составил 42.38 ± 0.45 Гц для правого глаза и 42.02 ± 1.31 Гц – для левого. Таким образом, выявлено достоверное снижение показателя КЧСМ у Г-1 ($p < 0.01$). В Г-2 получено следующее значение КЧСМ: 39.98 ± 1.35 и 39.66 ± 0.37 Гц соответственно. В данном случае нами также было выявлено достоверное снижение среднего показателя КЧСМ у Г-2 ($p < 0.01$).

Сравнив итоговые показатели КЧСМ после тренировки между представителями Г-1 и Г-2, установили, что различия являлись достоверными ($p < 0.01$). Стоит отметить, что у Г-1 снижение показателя произошло на 4.7%, тогда как у представителей Г-2 – на 11.5%.

Исходя из полученных результатов, нами сделаны следующие выводы: средний показатель критической частоты слияния мельканий снижается к концу 60-минутной тренировки в компьютерном спорте в среднем на 6–8%; степень снижения показателя КЧСМ находится в прямой зависимости от жанра киберспортивной игры. Полученные данные помогут специалистам при планировании и организации тренировочного процесса спортсменов в области компьютерного спорта.

ЛИТЕРАТУРА

Розенблат В.В. Проблема утомления. М.: Медгиз, 1975. 241 с.

ДЛИТЕЛЬНОСТЬ ЭЛЕМЕНТОВ ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАММЫ ВЗРОСЛОГО ЧЕЛОВЕКА ДО И ПОСЛЕ ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ

Г.Э. Исаева

Сыктывкарский государственный университет им. Питирима Сорокина, г. Сыктывкар

У здоровых людей интервал от начала одного сердечного цикла до начала другого не является одинаковым, он постоянно меняется. Это явление получило название вариабельность сердечного ритма (ВСР), которая наблюдается даже в состоянии покоя и положении лежа. В зависимости от вида длительность записи сердечного ритма может колебаться от нескольких минут (при пробе с фиксированным темпом дыхания) до нескольких часов (при фармакологических пробах). Характерно, что непостоянство интервала между кардиоциклами находится в пределах некой средней величины, являющейся оптимальной для определенного рассматриваемого функционального состояния организма (Бокерия и др., 2009).

Цель исследования – изучение длительности интервалов РР, РТ и сегмента ТР в покое и их изменение под воздействием пробы Мартине у юношей.

Исследование проводилось во второй половине дня (с 14.00 до 15.00 ч) в Коми республиканском перинатальном центре ГБУЗ РК. Испытуемые – юноши, студенты II курса ФГБОУ ВО Сыктывкарский государственный университет им. Питирима Сорокина, в количестве 10 чел. ($n = 10$) в возрасте 19.2 ± 0.4 лет. У испытуемых измеряли антропометрические данные (см. таблицу), частоту сердечных сокращений (ЧСС). В положении лежа на левом боку (покой) записывали по 10–15 кардиоциклов, аналогично запись проводили и под влиянием физической нагрузки (проба), в качестве которой использовали пробу Мартине (20 приседаний за 30 сек). Запись ЭКГ регистрировали во II стандартном отведении на аппаратно-программном комплексе «Поли-спектр» (фирма «Нейрософт» г. Иваново), который позволяет проводить автоматическую обработку данных на персональном компьютере. Принимали во внимание длительности элементов ЭКГ – интервалы РР, РТ, ТР, которые измеряли с помощью линейки (цена 1 мм равна 0.02 сек). Результаты представлены в виде средних величин (М), стандартного отклонения (SD). Математическая обработка производилась с помощью пакета прикладных программ Excel 2010.

Влияние физической нагрузки на деятельность сердца прежде всего выражается в увеличении частоты сердечных сокращений. Изменяется также сокращение сердечной мышцы: происходит укорочение всех фаз сердечного цикла, возрастает энергия мышечного сокращения. В результате этих перестроек увели-

Антропометрические данные ($n = 10$)

Показатель	Длина тела, см	Масса тела, кг
M	176.4	70.8
SD	7.71	5.37
m	2.44	1.70
min	165	61
max	193	76
N	10	10

чивается объем выбрасываемой сердцем крови за один цикл и за одну минуту. Проба Мартине оценивает совершенство восстановительных процессов в организме после нагрузки. Показатели собираются после выполнения нагрузки, критериями оценки являются изменения ЧСС и длительности интервалов ЭКГ, которые дают информацию об адаптационных возможностях организма в ответ на физическую нагрузку (Иржак, 2015).

В ответ на пробу Мартине наблюдается уменьшение длительности интервалов РР на 38.79%, РТ – на 31.37, сегмента ТР – на 45.61. Это говорит о том, что при пробе Мартине кардиоинтервалы изменяются при выраженном сокращении длительности сегмента ТР с наибольшей изменчивостью, а наименьшей изменчивостью обладает интервал РТ. У обследованных юношей ЧСС в ответ на пробу Мартине увеличилась в среднем на 37.7%. Минимальное изменение ЧСС составляет 19.4%, максимальное – 47.4. Учитывая большой размах значений ЧСС, мы воспользовались данными о том, что результаты реакции ЧСС и элементов ЭКГ на физическую нагрузку проявляют зависимость от уровня исходной величины показателя (Иржак, 2015).

ЛИТЕРАТУРА

- Бокерия Л.А., Бокерия О.Л., Волковская И.В. Вариабельность сердечного ритма: методы измерения, интерпретация, клиническое использование // *Анналы аритмологии*. 2009. № 4. С. 21.
- Иржак Л.И. Длительность интервалов РР, РТ и сегмента ТР электрокардиограммы человека: действие функциональных проб // *Журнал медико-биологических исследований*. 2015. № 2. С. 37–43.
- Иржак Л.И., Дудникова Е.А. Частота сердечных сокращений и длительность элементов ЭКГ у взрослого человека при физической нагрузке // *Российский физиологический журнал им. И.М. Сеченова*. 2017. № 2. С. 209–216.
- Хурашкин И.Г., Набиулшин Р.Р., Абзалов Р.А., Набулин Р.Р. // *Теория и практика физической культуры*. 2009. № 10. С. 6–7.

ИНДЕКСЫ ФИЗИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ МАЛЬЧИКОВ 9–11 ЛЕТ, УРОЖЕНЦЕВ ЮГРЫ

К.С. Конькова, О.Л. Нифонтова

Сургутский государственный педагогический университет, г. Сургут

Физическое развитие растущего организма является одним из основных показателей здоровья ребенка. Чем более значительны нарушения в физическом развитии ребенка, тем больше вероятность наличия заболевания (Баранов и др., 2008). Известно, что особенности ростовых процессов на Севере и величина двигательной активности оказывают значительное влияние на формирование соматотипологических особенностей организма детей-северян (Койносов, 2008).

Цель работы – сравнительная оценка физического развития мальчиков 9–11 лет, уроженцев Югры, с помощью метода индексов.

Обследование школьников было проведено в конце тренировочного года (март-апрель) на базах медицинских кабинетов спортивных школ и образовательных учреждений Сургутского района. В исследовании приняли участие 125 мальчиков 9–11 лет, уроженцев Югры. Из общего числа обследованных выделены следующие группы: мальчики 9 ($n = 29$), 10 ($n = 16$) и 11 ($n = 13$) лет, занимающиеся лыжными гонками один, два и три года соответственно (лыжники-гонщики) и мальчики 9 ($n = 19$), 10 ($n = 20$) и 11 ($n = 28$) лет, не занимающиеся спортом. Рассчитывали следующие индексы: индекс Кетле (г/см) = МТ/ДТ ; индекс Пинье (усл. ед.) = $\text{ДТ} - (\text{МТ} + \text{ОГК})$; индекс стении (усл. ед.) = $\text{ДТ}/(2\text{МТ} + \text{ОГК})$; индекс Рорера (кг/м^3) = $\text{МТ}/\text{ДТ}$. Для всех приведенных анализов различия считались значимыми при уровне $p < 0.05, 0.01, 0.001$.

Установлено, что с 9 до 11 лет значения индекса Кетле увеличились с 218.18 до 258.61 г/см (40.43 г/см) в группе лыжников-гонщиков и с 220.44 до 251.72 г/см (31.28 г/см) в группе мальчиков, не занимающихся спортом, что свидетельствует о повышении плотности тела. Максимальные годовые прибавки были зафиксированы в возрасте 11 лет и составили у лыжников-гонщиков 29.66 г/см ($p = 0.025$), у групп сравнения – 23.86 г/см .

Медианы индекса Пинье свидетельствовали о наличии очень слабого типа телосложения во всех изучаемых группах и находились в пределах 37.00–43.00 усл. ед. Стоит отметить, что во всех возрастных группах лыжников-гонщиков значения данного индекса были несколько выше, чем у мальчиков, не занимающихся спортом, однако значимых различий не выявлено.

Средние значения индекса стении, как у лыжников-гонщиков, так и у мальчиков, не занимающихся спортом, соответствовали мезоморфному типу конституции. Кроме того, выявлено, что медианы данного индекса с возрастом имели тенденцию к уменьшению, что говорит об увеличении темпа поперечных ростовых процессов. Так, у лыжников-гонщиков в 9 лет медиана индекса стении составляла 1.07 усл. ед., а в 11 – 0.99. У группы сравнения аналогичные показатели составили 1.06 и 0.99 усл. ед. соответственно.

Индекс Рорера свидетельствовал о гармоничном физическом развитии во всех обследуемых группах. Медианы индекса лыжников-гонщиков и мальчиков, не занимающихся спортом, во всех возрастных группах отличались не более чем на 0.7 кг/м^3 и лежали в пределах 11.53–12.50 кг/м^3 .

Таким образом, сравнительный анализ индексов физического развития лыжников-гонщиков и мальчиков, не занимающихся спортом, установил достоверные межгрупповые различия только по плотности тела. Во всех исследуемых группах определялся мезоморфный тип телосложения и гармоничное физическое развитие.

ЛИТЕРАТУРА

Баранов А.А., Кучма В.Р., Скоблина Н.А. Физическое развитие детей и подростков на рубеже тысячелетий. М.: Научный центр здоровья детей РАМН, 2008. 216 с.

Койносов А.П. Адаптация детей к занятиям спортом на Севере. Шадринск: Изд-во ОГУП «Шадринский Дом Печати», 2008. 177 с.

СОСТОЯНИЕ ДЫХАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ШКОЛЬНИКОВ 11–14 ЛЕТ, ЖИТЕЛЕЙ ЮГРЫ, В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПОПУЛЯЦИОННОЙ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ

К.С. Конькова, О.Л. Нифонтова

Сургутский государственный педагогический университет, г. Сургут

Дыхательная система человека, открытая внешним воздействиям, испытывает на себе влияние сложного комплекса факторов окружающей среды (Перельман, 2001). Адаптация респираторной системы к климатическим факторам Севера сопровождается изменениями функ-

ции внешнего дыхания, которые стабильно регистрируются в условиях температурного комфорта (Попова, Гудков, 2009). На сегодняшний день спирометрия является наиболее простым и распространенным методом функциональной диагностики, который можно рассматривать

как начальный этап выявления вентиляционных нарушений (Чикина, Черняк, 2007).

Цель работы – оценка состояния дыхательной системы школьников 11–14 лет, жителей Югры, в зависимости от популяционной принадлежности.

Всего обследовано 225 школьников в возрасте 11–14 лет, родившихся и постоянно проживающих в условиях Югры. Из общего числа обследованных выделены группы девочек и мальчиков коренной национальности (ханты), группы метисов первого поколения (один из родителей – представитель коренной национальности ханты), группы уроженцев Югры (потомки пришлого населения). Состояние дыхательной системы оценивали при помощи аппаратно-программного комплекса «Спиро-Спектр» (Россия). Анализировали следующие показатели: жизненная емкость легких (ЖЕЛ), максимальная вентиляция легких (МВЛ), резерв дыхания (РД). Фактические величины ЖЕЛ и МВЛ сравнивали с должными значениями. Для всех приведенных анализов различия считались значимыми при уровне $p < 0.05, 0.01, 0.001$.

Установлено, что во всех группах девочек фактические величины ЖЕЛ были ниже должных значений, при этом у девочек ханты и уроженок Югры это снижение носило достоверный характер ($p = 0.011$ и 0.002 соответственно). В популяционных группах мальчиков фактическая ЖЕЛ соответствовала должной. Медианы показателя МВЛ во всех группах исследуемых школьников были статистически значимо ниже должных величин. Так, данное снижение составило в группах школьников ханты 12.50 л/мин в группе мальчиков ($p = 0.008$) и 17.60 л/мин – в группе девочек ($p = 0$), в группах школьников метисов – 12.70 л/мин – в группе мальчиков ($p = 0.044$) и 25.50 л/мин – в груп-

пе девочек ($p = 0.001$), в группах уроженцев Югры – 17.30 л/мин – в группе мальчиков ($p = 0$) и 16.80 л/мин – в группе девочек ($p = 0$).

Межпопуляционное сравнение анализируемых показателей позволило установить, что наименьшие значения ЖЕЛ, МВЛ и РД были зафиксированы в гендерных группах школьников коренной национальности ханты. Медианы данных показателей у мальчиков метисов оказались более близки к таковым у уроженцев Югры. У метисов показатель ЖЕЛ более близок к ЖЕЛ уроженок Югры, а показатели МВЛ и РД – к школьницам ханты.

Таким образом, зафиксированные отклонения ЖЕЛ и МВЛ от должных величин во всех группах школьников, скорее всего, следует рассматривать как «плату за адаптацию» к экстремальным климатическим условиям Севера и как фактор риска развития хронической легочной патологии.

Максимальные и резервные возможности дыхательной системы у мальчиков метисов в большей степени наследуются от адаптивных типов родителей, приехавших в Югру из других регионов России. У девочек метисов параметры дыхательной системы отражают генетическую программу развития дыхательной системы, характерную для арктического адаптивного типа, к которому и относятся представители коренной национальности ханты.

ЛИТЕРАТУРА

- Перельман Ю.М. Актуальные аспекты экологической физиологии дыхания // Бюллетень. 2001. № 8. С. 20–26.
- Попова О.Н., Гудков А.Б. Морфофункциональные особенности дыхательной системы у северян // Экология человека. 2009. № 2. С. 53–58.
- Чикина С.Ю., Черняк А.В. Спирометрия в повседневной врачебной практике // Лечебное дело. 2007. № 2. С. 29–37.

РОЛЬ РЕЦЕПТОРОВ ОКСИТОЦИНА В НОЦИЦЕПТИВНОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ В СИСТЕМЕ ТРОЙНИЧНОГО НЕРВА КРЫСЫ

К.С. Королева, А.В. Шакирзянова

Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань

Известно, что нейрогипофизарный гормон окситоцин проявляет антиноцицептивные свойства в организме позвоночных. В том числе была описана его эффективность в купировании головной боли при мигрени. Так, в крови людей, страдающих мигренью, обнаружен повышенный уровень окситоцина, что, вероятно, является эндогенным компенсаторным фактором. Однако механизмы данного анальгетического эффекта окситоцина остаются неизвестными, так же, как до сих пор до конца не выяснены молекулярные механизмы самой мигрени. Основная цель нашей работы заключается в изучении регуляции окситоцином болевой сигнализации в системе тройничного нерва позво-

ночных, играющей ключевую роль в возникновении мигрени. В частности, важно определить основные клеточные структуры, опосредующие его эффекты.

С помощью метода флуоресцентной визуализации с использованием специфического кальций-чувствительного красителя Fluo-3AM (1 мкМ) исследовалось действие окситоцина на уровень внутриклеточного кальция в культивируемых нейронах тройничных ганглиев крыс на разных стадиях онтогенетического развития. Было обнаружено, что основное количество тройничных нейронов крысят первого дня жизни (P0) – около 72.3% всех клеток, отвечает на быструю аппликацию 1 мкМ окситоцина

генерацией медленной (длящейся более 1 мин) кальциевой волны амплитудой $133.2 \pm 3.1\%$ от контрольного уровня ($n=46$ клеток, $P=0.001$), что предполагает наличие окситоциновых рецепторов в сенсорных нейронах новорожденных животных. Причем, кальциевые ответы при аппликации окситоцина генерировали и пептидергические (определяемые по чувствительности к агонисту ваниллоидных TRPV1 рецепторов капсаицину), и непептидергические (отвечающие на аппликацию агониста пуринергических P2X3 рецепторов) нейроны. Однако у крысят уже в возрасте двух-трех дней лишь немногие клетки отвечали на аппликацию 1 мкМ окситоцина (0.04% всей популяции в трехдневном возрасте), что предполагает онтогенетические особенности функционирования структур, чувствительных к окситоцину, изменение уровня экспрессии его рецепторов в развивающихся сенсорных нейронах и присоединение различных биохимических каскадов, не связанных с внутриклеточными кальциевыми процессами.

С помощью метода цепной реакции полимеразы (ПЦР) в реальном времени нами оценивался уровень рецепторных мРНК в период от 18 дня эмбрионального (E18) до 30 дня (P30) постнатального развития животных. Были отобраны препараты крыс в возрасте E18,

E20, P0, P2 и P30. Наиболее высокий уровень мРНК окситоциновых рецепторов определялся в возрасте 18 дней эмбрионального развития (E18). Однако между E18 и E20 был обнаружен значительный спад уровня мРНК. Самый низкий уровень экспрессии рецепторов окситоцина определялся в тройничных ганглиях животных первого дня жизни (P0), незначительно изменяясь в последующие дни постнатального развития. К 30-му же дню жизни наблюдался прирост уровня их экспрессии в нейронах крыс.

Высокий уровень мРНК для рецепторов окситоцина в сенсорных нейронах в эмбриональной стадии онтогенеза указывает на важную роль этих рецепторов в организме плода как важной антиноцицептивной структуры, призванной облегчать ему процесс родов. Однако, как следует из полученных нами данных, экспрессия рецепторов нейропептида в нейронах тройничных ганглиев сохраняется и в ходе постнатального развития организма. Вместе с тем механизмы регуляции ими ноцицептивной сигнализации имеют онтогенетические особенности функционирования, которые нам еще предстоит выяснить.

Работа поддержана РФФИ (грант № 17-04-01811).

ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАММА У ЛЫЖНИКОВ-ГОНЩИКОВ В ТЕСТЕ «ДО ОТКАЗА»

Г.А. Кутаева¹, Н.Г. Варламова²

¹ Сыктывкарский государственный университет им. Питирима Сорокина, г. Сыктывкар

² Институт физиологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар

Одним из методов оценки функционального состояния организма спортсменов является электрокардиография (ЭКГ). Изучение ЭКГ спортсменов посвящено, в основном, поиску предикторов перетренированности (Gamble, 2014), кардиомиопатии (Calore et al., 2015) и внезапной смерти (Романенко, Романенко, 2012). В доступной литературе нами не найдены характеристики ЭКГ во время выполнения физической нагрузки «до отказа».

Цель нашей работы – изучение у лыжников-гонщиков показателей ЭКГ при выполнении теста на велоэргометре.

Обследовано восемь лыжников-гонщиков (КМС и МС), членов сборных команд Республики Коми в возрасте 14–17 лет (15.5 ± 1.1 года). Рост спортсменов составил 175.0 ± 4.4 см, масса тела – 65 ± 4.1 кг. Спортсмены выполня-

ли нагрузки, начиная со 120 Вт с приростом по 40 Вт каждые 2 мин «до отказа» на велоэргометре с использованием эргоспирометрической системы «Oxycon Pro» (Erich Jaeger) в режиме «breath by breath». Анализировали по протоколу E105_ST частоту сердечных сокращений (ЧСС), длительности интервалов R-R, Q-T и комплекса QRS. Результаты обработаны статистически методом однофакторного дисперсионного анализа с определением f-критерия Фишера с поправкой Бонферрони.

Результаты исследований представлены в таблице и на рисунке.

Частота сердечных сокращений при выполнении теста «до отказа» статистически значимо ($p < 0.001$) изменилась на 104.9 уд/мин (239.1%) (см. таблицу). Длительность интервала R-R была максимальной в покое лежа и ми-

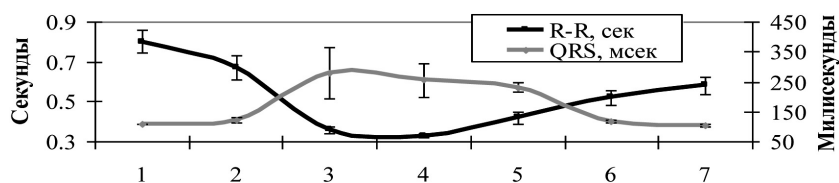
Параметры ЭКГ у лыжников-гонщиков в покое и при выполнении теста «до отказа» на велоэргометре (X, SD, n)

Элемент ЭКГ	Покой		Нагрузка, Вт		Восстановление, мин	
	Лежа	Сидя	240	280	3	5
ЧСС, уд/мин***	75.4+13.8	89.0+21.0	167.3+13.2	180.3+9.1	116.0+13.5	104.0+14.0
Интервал R-R, сек***	0.8±0.15	0.67±0.16	0.36±0.03	0.33±0.02	0.52±0.06	0.58±0.08
Комплекс QRS, мсек***	106.8±1.0	123.0±25.1	280.5+147.4	255.1+124.0	116.8+9.1	103.3+9.2

Примечание: *** $p < 0.001$; ** $p < 0.01$; * $p < 0.05$ – F-критерий Фишера с поправкой Бонферрони.

нимальной при нагрузке 280 Вт (уменьшение на 58.7%). В процессе выполнения теста «до отказа» лыжниками-гонщиками изменение длительности интервала QT не имело статистически достоверных различий. Продолжительность комплекса QRS ЭКГ при выполнении теста «до отказа» лыжниками-гонщиками статистически значимо ($p < 0.001$) изменилась на 177.2 мс. Минимальное значение комплекса QRS ЭКГ было зарегистрировано на 5 мин. восстановления, максимальное – при выполнении нагрузки 240 Вт (см. таблицу, рисунок). На фоне уменьшения длительности интервала R-R, начиная с нагрузки 120 Вт и до нагрузки 240 Вт, происходило увеличение длительности комплекса QRS. В норме продолжительность комплекса QRS – не больше 120 сек (Хэмптон, 2206), при нагрузке в 280 Вт она увеличилась в 2.3 раза.

Таким образом, выявлена парадоксальная реакция: увеличение длительности комплекса QRS ЭКГ на фоне роста ЧСС и уменьшения длительности интервала R-R в диапазоне нагрузок



Длительность комплекса QRS и интервала R-R ЭКГ у юношей в тесте «до отказа» ($p < 0.001$).

160–240 Вт у лыжников-гонщиков, что требует дальнейших исследований.

ЛИТЕРАТУРА

Calore C., Zorzi A., Corrado D., Clinical meaning of isolated increase of QRS voltages in hypertrophic cardiomyopathy versus athlete's heart // Journal of electrocardiology. 2015. P. 373–379.

Gamble P. Metabolic conditioning development in youths // Strength and conditioning for young athletes: science and application. London. 2014. P. 120–131.

Романенко В.В., Романенко З.В. Внезапная коронарная смерть: причины, диагностика, лечение // Медицинские новости. 2012. № 7. С. 27–36.

Хэмптон Дж. Р. Основы ЭКГ. М.: Мед. лит., 2006. 113 с.

УРОВЕНЬ ОКСИДА АЗОТА КАК РАННИЙ МАРКЕР ВЫЯВЛЕНИЯ ГИПЕРТЕНЗИИ У ВЫСОКОКВАЛИФИЦИРОВАННЫХ ЛЫЖНИКОВ-ГОНЩИКОВ РЕСПУБЛИКИ КОМИ

А.А. Ладохина¹, О.И. Паршукова²

¹ Коми республиканский лицей при Сыктывкарском государственном университете им. Питирима Сорокина, г. Сыктывкар

² Институт физиологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар

Характерной чертой лыжных гонок является большой объем тренировочных нагрузок, часто выполняемых с предельной интенсивностью в экстремальных природно-климатических условиях, в результате возникает оксидативный стресс. Эти факторы служат причиной повышения нагрузки на сердечно-сосудистую систему (Головачев, 2010). Оксид азота (NO) является сигнальной молекулой, участвующей в регуляции сердечно-сосудистой системы. Показано, что дисбаланс в системе синтеза NO приводит к нарушению сосудистого тонуса и в результате – к сердечно-сосудистой патологии (Лапшина и др., 2009). По данным литературы, объективный признак достижения предельной физической нагрузки – появление срыва адаптации (повышение систолического артериального давления (САД) более 200 мм рт. ст.) (Варламова и др., 2015).

Цель работы – анализ содержания оксида азота и его метаболитов у высококвалифицированных лыжников-гонщиков с гипертонической и нормотонической реакцией на нагрузку максимальной мощности.

На базе Института физиологии Коми НЦ УрО РАН были проведены многократные исследования лыжников-гонщиков – членов сборных команд высшей квалификации (МСМК,

МС, КМС – 22.23 ± 7.07 лет, 70.1 ± 4 кг, 62.1 ± 7.2 мл/мин/кг, $n = 105$). Все испытуемые выполняли тест «до отказа» на велоэргометре с использованием эргоспирометрической системы «Oxycon Pro» (Erich Jaeger, Германия) в режиме «breath by breath». У обследуемых спортсменов в покое сидя, на уровне порога анаэробного обмена (ПАНО), во время пика нагрузки и в период восстановления (5 мин) определялись следующие гемодинамические параметры: САД и диастолическое артериальное давление (ДАД) и частота сердечных сокращений (ЧСС), а также оценивался уровень стабильных метаболитов оксида азота (нитриты (NO_2), нитраты (NO_3) и их сумма (NO_x) в крови. После обработки результатов спортсмены были разделены на две группы. В группу I ($n = 72$) вошли спортсмены с гипертонической реакцией на нагрузку (200 мм рт. ст. и более, САД). Группа II ($n = 33$) состояла из спортсменов с нормотонической реакцией на нагрузку (до 200 мм рт. ст., САД). Статистику обследования оценивали с использованием программы «STATISTICA» (версия 6.0, StatSoft Inc, 2001).

Анализ данных выявил, что у спортсменов с гипертонической реакцией на нагрузку во время прохождения теста значения САД были более высокими, восстановление ДАД по-

сле 5 мин. окончания теста – менее выраженным, а ЧСС характеризовалась статистически значимо более низкими значениями по сравнению с лыжниками с нормотонической реакцией на нагрузку ($p < 0.001$). У лиц с нормотонической реакцией на нагрузку обнаружено повышение NOx на нагрузку, а также наблюдалось правильное соотношение NO_3 и NO_2 (3/1), которое сохранялось на протяжении всего периода прохождения теста. В группе с гипертонической реакцией на нагрузку во время выполнения теста до «отказа» уровень NOx в крови имел низкие значения, при этом в период прохождения пика нагрузки выявлено нарушение соотношения NO_3/NO_2 , что, по данным литературы, свидетельствует о дисбалансе синтеза NO. Это нарушение может являться причиной повышения артериального давления у спортсменов. Результаты исследования показывают важность определения NO и его метаболитов в крови у высококвалифицированных лыжников-гонщиков как раннего маркера выяв-

ления сердечно-сосудистой патологии. Полученные данные свидетельствуют о необходимости расширения научных исследований по коррекции синтеза NO в крови, поскольку повышенные значения NO способствуют более успешным результатам спортсменов.

ЛИТЕРАТУРА

- Головачев А.И. Актуальные проблемы Российского лыжного спорта (материалы «Круглого стола») // Вестник спортивной науки. 2010. № 3. С. 57–60.
- Кардиореспираторные предикторы завершения теста с максимальной нагрузкой у высококвалифицированных лыжников-гонщиков / Н.Г. Варламова, Т.П. Логинова, Н.А. Мартынов, А.А. Черных, И.А. Расторгуев, И.О. Гарнов, В.Е. Ларина, Е.Р. Бойко // Спортивная медицина: наука и практика. 2015. № 2. С. 53–60.
- Значение определения нитритов-нитратов как маркеров дисфункции эндотелия при сердечно-сосудистой патологии / Л.А. Лапшина, П.Г. Кравчук, А.Ю. Титова, О.В. Глебова // Украинская медицина. 2009. № 29. С. 1–5.

ВЫЗВАННЫЕ РЕАКЦИИ В ЭЛЕКТРОКОРТИКОГРАММЕ МОЗГА КРЫС ПРИ ЗВУКОВОЙ СТИМУЛЯЦИИ В РАМКАХ ОДД-БОЛЛ ПАРАДИГМЫ

А.М. Лакстыгал, З.С. Фесенко, Д.Р. Белов

Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург

Пространственная синхронизация ритмической активности головного мозга на гамма-частоте (30–50 Гц) считается универсальным механизмом коммуникации между отдельными нейронными ансамблями. Показано, что крысы, которым вводились блокаторы *NMDA* (*N-methyl-D-aspartate*) рецепторов, содержащих *NR2A* субъединицу, имеют отклонения в синхронизации электроэнцефалограммы в бета- (14–30 Гц) и гамма-диапазонах (Kocsis, 2012). Гипофункция *NMDA* рецепторов считается одним из условий развития шизофрении (Olney, Farber, 1995). Пациенты с шизофренией демонстрируют более низкую по сравнению с контролем степень пространственной синхронизации в ответ на ритмическую звуковую стимуляцию с частотой 40 Гц (Uhlhaas, Singer, 2010).

Цель работы – отслеживание динамики изменений вызванной активности головного мозга, зарегистрированной с небольшого участка коры головного мозга при большом количестве отведений. Особое внимание уделялось пространственной синхронизации в гамма-диапазоне.

Эксперимент проводился в рамках острых опытов на взрослых самцах крыс линии Вистар. Применялся эпидуральный микроэлектродный массив *Neuronexus* E32-600-10-100. Хирургическая подготовка животного осуществлялась с использованием общего наркоза (*Zoletil*). Для исследования вызванной активности применялась звуковая стимуляция в рамках одд-болл парадигмы. Животному предъяв-

лялись стандартные (частотой 1 тыс. Гц) и релевантные (частотой 1500 Гц) стимулы. Для анализа пространственной синхронизации были выбраны интервалы 400 мс до стимула и 1 с после стимула. Пространственная синхронизация вычислялась между всеми отведениями (за исключением нескольких отведений с низким качеством сигнала) по принципу «каждое с каждым».

Обнаружены значимые изменения пространственной синхронизации ЭКоГ (электрокортикограммы) в ответ на предъявляемые крысе звуковые стимулы, но характер изменений не был однороден. У разных животных отмечались реакции разных знаков (ослабление или усиление пространственной синхронизации) на оба типа звуков. Также на одной эпохе анализа с вызванными изменениями в пространственной синхронизации у животных наблюдалась негативность рассогласования в ответ на звуковые стимулы в промежутке от 100 до 400 мс после предъявления звукового стимула. При этом негативность рассогласования была более выражена во второй половине опыта. Возможно, это связано с постепенным ослаблением действия наркоза и как следствие с восстановлением тонуса коры.

Считается, что негативность рассогласования – неспецифическая реакция, возникающая в ответ на любой новый стимул, как часть ориентировочного рефлекса или непроизвольного внимания. Это сравнительно медленная реакция. В ее основе лежат поляризация коры и подготовка нейронов к приему стимулов.

В отличие от этого пространственная синхронизация в высокочастотном гамма-диапазоне, вероятно, отражает специфическую коммуникацию между нейронными ансамблями. На это указывает характер изменения пространственной синхронизации, не имеющий единой привязки к виду предъявляемого звукового стимула.

Возможно, значимое ослабление или усиление пространственной синхронизации является не реакцией на новизну, а специфической реакцией, связанной с узнаванием стимула определенного типа. Поэтому такие разные индивидуальные паттерны.

На основании полученных данных можно предположить, что перестройки пространствен-

ной коммуникации различных нейронных ансамблей из-за особенностей информационного процессинга энергетически обеспечиваются поляризацией коры.

ЛИТЕРАТУРА

Kocsis B. Differential Role of NR2A and NR2B Subunits in N-Methyl-D-Aspartate Receptor Antagonist-Induced Aberrant Cortical Gamma Oscillations // *Biol. Psych.* 2012. V. 71. P. 987–995.

Olney J.W., Farber N.B., NMDA Antagonists as Neurotherapeutic Drugs, Psychotogens, Neurotoxins, and Research Tools for Studying Schizophrenia // *Neuropsychopharmacol.* 1995. V. 13. P. 335–345.

Uhlhaas P.J., Singer W. Abnormal neural oscillations and synchrony in schizophrenia // *Nat. Rev. Neurosci.* 2010. V. 11. P. 100–113.

ЭФФЕКТЫ НИФЕДИПИНА НА ГЕНЕРАЦИЮ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ КЛЕТОК СИНОАУРИКУЛЯРНОЙ ОБЛАСТИ СЕРДЦА У ЭМБРИОНОВ, НОВОРОЖДЕННЫХ И ВЗРОСЛЫХ ОСОБЕЙ МЫШИ

Е.А. Лебедева, М.А. Гонотков

Институт физиологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар

Известно, что Ca^{2+} -ток L-типа (I_{CaL}), играющий ведущую роль в формировании автоматизма сердца у взрослых млекопитающих, существенно отличается по своей плотности у новорожденных и взрослых животных (Baruscotti, Robinson, 2007; Adachi et al., 2013). Это позволяет предположить, что ток I_{CaL} может вносить вклад в формирование автоматизма в процессе онтогенеза.

Цель – на основе ингибиторного анализа оценить вклад тока I_{CaL} в генерацию электрической активности у эмбрионов, новорожденных и взрослых особей мыши.

Эксперименты проводили с помощью стандартной микроэлектродной техники на спонтанно сокращающихся препаратах правого предсердия эмбрионов (13–15 сутки, $m_{\text{тела}} = 0.43 \pm 0.02$ г, $n = 4$) новорожденных (1–2 дня, $m_{\text{тела}} = 1.7 \pm 0.3$ г, $n = 19$) и взрослых (2 мес., $m_{\text{тела}} = 30 \pm 5$ г, $n = 13$) особей мыши. В качестве ингибитора Ca^{2+} -тока L-типа (I_{CaL}) использовали специфический блокатор нифедипин («Sigma», Германия). Значимость различий определяли по U-критерию Манна-Уитни ($p < 0.05$). Данные приведены как среднее арифметическое $\pm$ стандартное отклонение ($M \pm \sigma$).

При сопоставимой скорости фазы быстрой деполяризации ($dV/dt_{\text{max}} = 5.6 \pm 2$ В/с) в контрольном растворе (38°C) частота генерации потенциалов действия (ПД) составила 198 ± 7 , 389 ± 29 и 492 ± 34 имп/мин у клеток синоаурикулярной (СА) области эмбрионов, новорожденных и взрослых мышей соответственно. Полученные различия обусловлены большей длительностью фазы медленной диастолической деполяризации (МДД) у клеток водителя ритма эмбрионов и новорожденных по сравнению со взрослыми животными ($p < 0.05$).

Экспозиция нифедипина (0.1 мкМ) у клеток водителя ритма эмбрионов вызывала замедление dV/dt_{max} на 37% по сравнению с контролем. Другие параметры ПД достоверно не изменялись. У новорожденных животных аппликация нифедипина (0.1 мкМ) приводила к замедлению dV/dt_{max} на 44% и увеличению длительности фазы МДД (на 48%), что вызывало замедление ЧСС на 17%. Эффекты нифедипина (0.1 мкМ) на генерацию электрической активности клеток водителя ритма взрослых особей мыши имели аналогичный характер, как и у новорожденных животных. При экспозиции нифедипина (2 мкМ) у клеток эмбрионов мыши на 5–7 мин. регистрировали снижение частоты генерации ПД на 20%, тогда как у новорожденных и взрослых животных электрическая активность прекращалась.

По результатам экспериментов построены дозозависимые кривые, соответствующие уравнению Хилла, на основе которых установлено, что пороговая концентрация нифедипина у эмбрионов, новорожденных и взрослых животных составляет ~ 0.03 мкМ, а эффективная концентрация блокатора, при которой dV/dt_{max} снижалась на 50% (EC_{50}), у эмбрионов – 0.5 мкМ, у новорожденных и взрослых животных – 0.15 .

Таким образом, функциональный вклад Ca^{2+} -тока L-типа в генерацию потенциалов действия у новорожденных и взрослых животных больше, чем у эмбрионов. Это позволяет заключить, что I_{CaL} играет существенную роль в повышении частоты сердечных сокращений у мыши в постнатальном периоде, но не является решающим для инициации электрического импульса в эмбриональном сердце.

Работа поддержана НИР № ГР АААА-А17-117012310152-2 и комплексной программой УрО РАН ГР № АААА-А18-118012290365-2 (2018-2020).

ЛИТЕРАТУРА

Baruscotti M., Robinson R. B. Electrophysiology and pacemaker function of the developing sinoatrial

node // *Am. J. Physiol. Heart. Circ. Physiol.* 2007. V. 293. P. 2613–2623.

Adachi T., Shibata S., Okamoto Y., Sato S., Fujisawa S., Ohba T., Ono K. The mechanism of increased postnatal heart rate and sinoatrial node pacemaker activity in mice // *J. Physiol. Sci.* 2013. V. 63 (2). P. 133–146.

ВЕГЕТАТИВНАЯ РЕГУЛЯЦИЯ РИТМА СЕРДЦА И УРОВЕНЬ ОКСИДА АЗОТА В ПЛАЗМЕ КРОВИ ЛЫЖНИКОВ РЕСПУБЛИКИ КОМИ

А.Л. Марков, О.И. Паршукова

Институт физиологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар

Оксид азота (NO) является сигнальной молекулой, участвующей в регуляции сердечно-сосудистой системы. Для оценки состояния сердечно-сосудистой системы и функционального состояния организма в настоящее время широко используется анализ вариабельности сердечного ритма (ВСР).

Цель данной работы – изучение взаимосвязи вегетативной регуляции ритма сердца и содержания оксида азота в плазме крови у лыжников-гонщиков.

Обследованы мужчины из сборных команд Республики Коми по лыжным гонкам возрастом от 18 до 30 лет ($n = 64$). В исследовании использовали аппаратно-программный комплекс «Экосан-2007» (Медицинские компьютерные системы, г. Зеленоград). Электрокардиограмму регистрировали в положении лежа (5 мин) в одном из стандартных отведений. Вычисляли частоту сердечных сокращений (ЧСС), стандартное отклонение полного массива кардиоинтервалов (SDNN), квадратный корень суммы разностей последовательного ряда кардиоинтервалов (RMSSD), стресс-индекс (SI), суммарную мощность спектра ВСР (TP), абсолютные и относительные значения мощности спектра высоко- (HF и HF%), низко- (LF и LF%), очень низкочастотного (VLF и VLF%), ультра низкочастотного (ULF) компонентов ВСР, индекс централизации (IC), показатель активности регуляторных систем (ПАРС).

Взятие венозной крови осуществляли натощак в покое. Биохимический анализ включал в себя определение в плазме крови уровня стабильных метаболитов NO – нитритов (NO_2^-) и нитратов (NO_3^-), сумма которых дает показатель суммы стабильных метаболитов NO – (NOx) в реакции с реактивом Грисса колориметрическим методом. В литературе установлена высокая корреляция между эндогенной продукцией NO и показателем NOx в плазме крови (Gret al., 1996).

Статистическую обработку полученных результатов проводили с использованием программы Statistica 6.0. Для выявления взаимосвязей между параметрами ВСР и метаболитами NO вычисляли коэффициент ранговой корреляции Спирмена. Коэффициенты корреляции считали значимыми при $p < 0.05$.

При анализе полученных данных параметров ВСР у обследованных лиц отмечено смещение вегетативного баланса в сторону преобладания парасимпатического звена вегетативной нервной системы. Уровни NO_2^- и NO_3^- в плазме крови составили 11.95 ± 6.05 и 16.31 ± 9.35 мкг/г соответственно. Содержание NOx – 28.26 ± 9.94 мкг/г.

Корреляционный анализ показал статистически значимую отрицательную связь между нитритами и SDNN ($r_s = -0.26$, $p = 0.037$), TP ($r_s = -0.31$, $p = 0.014$). Снижение суммарной мощности спектра ВСР происходило за счет снижения абсолютных значений LF ($r_s = -0.31$, $p = 0.014$) и VLF ($r_s = -0.26$, $p = 0.038$), при этом существенного изменения значений HF ($r_s = -0.20$, $p = 0.109$) и ULF ($r_s = -0.03$, $p = 0.828$) не происходило. Несмотря на снижение абсолютных величин LF и VLF при росте NO_2^- , относительные значения диапазонов данных частот не изменяются ($r_s = -0.11$, $p = 0.397$ и $r_s = -0.01$, $p = 0.946$ соответственно). Также не выявлено статистически значимой корреляционной связи между нитритами и ЧСС ($r_s = 0.11$, $p = 0.407$), RMSSD ($r_s = -0.21$, $p = 0.090$), SI ($r_s = 0.20$, $p = 0.106$), IC ($r_s = -0.05$, $p = 0.719$) и ПАРС ($r_s = -0.17$, $p = 0.175$). Статистически значимые связи NO_3^- и NOx с параметрами ВСР не установлены.

По результатам исследования выявлена существенная связь между нитритами и некоторыми параметрами вариабельности сердечного ритма (отрицательная корреляция с абсолютными значениями низкочастотных и очень низкочастотных волн, стандартным отклонением полного массива кардиоинтервалов, суммарной мощностью спектра). При увеличении содержания нитритов в плазме крови у обследованных лыжников отмечается снижение суммарной активности вегетативного воздействия на сердечный ритм.

ЛИТЕРАТУРА

Granger D.L., Taintor R.R., Boockvar K.S., Hibbs J.B. Jr. Measurement of nitrate and nitrite in biological samples using nitrate reductase and Griess reaction // *Methods Enzymol.* 1996. V. 268. P. 142–151.

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ПРОЦЕССОВ ОБРАЗОВАНИЯ КАЛЬЦИЕВЫХ СПАРКОВ В СЕРДЕЧНЫХ КЛЕТКАХ

Н.С. Марков¹, А.М. Рывкин^{1, 2}

¹ Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург

² Институт иммунологии и физиологии УрО РАН, г. Екатеринбург

Сокращения сердечных клеток активируются повышением концентрации внутриклеточного Ca^{2+} , большое количество которого периодически высвобождается из специфических кальциевых цистерн, саркоплазматического ретикулума (СР). Высвобождение в диадное пространство (ДП) происходит через риадиноновые рецепторы (RuR-каналы) в ответ на повышение концентрации Ca^{2+} вследствие ионных мембранных внешних токов через каналы L-типа. Кальциевая перегрузка может быть одной из наиболее значительных предпосылок возникновения острой сердечной недостаточности.

Группы RuR-каналов образуют компактные кластеры на мембране СР. Их активация может происходить «по принципу домино»: ионы Ca^{2+} , высвобождающиеся через один канал способны активировать его ближайших соседей. Данный процесс называется «кальций», вызванный высвобождением кальция» (КВВК).

В данной работе ставилась задача смоделировать диффузию ионов Ca^{2+} вдоль диадного пространства и проанализировать процессы открытия RuR-каналов вследствие КВВК. Моделируемая система состояла из люмена СР, кластера 10×10 RuR-каналов и ДП. Изучались процессы активации каналов в кластере в процессе заполнения СР и диффузия Ca^{2+} вдоль ДП. Исследовались периодически повторяющиеся события высвобождения Ca^{2+} («спарки») (Cheng et al., 1993). 2D задача диффузии Ca^{2+} вдоль ДП со стохастически меняющимся числом «источников» (открытых RuR-каналов, вероятность открытия которых зависит от концентрации Ca^{2+} вблизи канала) решалась неявным методом конечных разностей. В модель Ca^{2+} динамики была интегрирована Электронно-конформационная модель (ЭКМ) стохастической динамики RuR-каналов (Рывкин и др., 2015; Moskvina et al., 2006).

При варьировании скорости заполнения люмена и скорости высвобождения Ca^{2+} через RuR-каналы нами были выявлены три моды поведения системы: 1) мода устойчивых колебаний концентрации Ca^{2+} в ДП (мода устойчивых спарков). Спарки завершаются вследствие «опустошения» люмена СР и возобновляются при перезаполнении СР кальцием выше некоторого критического уровня; 2) мода квазистационарного состояния, при которой наблюдается постоянное высвобождение Ca^{2+} из СР вследствие достаточно сильного заполнения люмена СР, при котором СР не может «опустошаться» для прекращения спарка; 3) фаза спонтанных остановок, при которой наблюдаются случайные нарушения периодичности локальных высвобождений Ca^{2+} из СР, проявляющиеся в случайных переключениях между модами 1 и 2. Фаза 3 проявляется при достаточно малой скорости диффузии Ca^{2+} вдоль ДП и может объяснить ряд аритмогенных эффектов, связанных с нарушениями во внутриклеточной Ca^{2+} -высвобождающей системе.

Поддержано грантом РФФИ 16-34-60223.

ЛИТЕРАТУРА

Cheng H., Lederer W., Cannell M. Calcium sparks: elementary events underlying excitation-contraction coupling in heart muscle // Science. 1993. V. 262. № 5134. P. 740–744.

Moskvina A.S., Philipiev M.P., Solovyova O.E., Kohl P., Markhasin V.S. Electron-conformational model of ryanodine receptor lattice dynamics // Progress in biophysics and molecular biology. 2006. V. 90. № 1. P. 88–103.

Взаимодействие мембранного и кальциевого осцилляторов в клетках водителя сердечного ритма: математическое моделирование / А.М. Рывкин, Н.М. Зорин, А.С. Москвин, О.Э. Соловьева, В.С. Мархасин // Биофизика. 2015. Т. 60. № 6. С. 1138–1145.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ БИОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ОВОЩЕЙ, ДОСТУПНЫХ В ЗИМНИЙ ПЕРИОД

И.А. Микушева

Русская гимназия, г. Сыктывкар

Свежие овощи занимают важное место в рационе человека, обеспечивая организм полезными питательными веществами, такими как витамины, углеводы, минеральные вещества, органические кислоты. Современному потребителю круглогодично доступны самые различные овощные культуры. Овощи относятся к культурам с активным метаболизмом не только

во время процесса роста и развития, но и в период хранения. Поэтому содержание питательных веществ, а значит и качество продукта зависят от вида и сорта овощной культуры, условий выращивания и хранения растения. При оценке качества овощей применяют разнообразные методы исследования: органолептические, физико-химические, микробиологические и др. При

этом биохимический состав овощной продукции не оценивается, что приводит к появлению на прилавках наших магазинов внешне красивых, чистых, безопасных для жизни человека овощей, которые при этом часто не отвечают потребительскому спросу по вкусу и биохимическому составу (Соловьева, 2004).

Цель данной работы – анализ биохимических показателей качества овощей, доступных потребителю в зимний период.

Для исследования выбраны такие биохимические показатели, как кислотность свежавыжатого овощного сока и количество сухих растворимых веществ в нем. Овощи приобретены в местном супермаркете в феврале 2018 г.: листья капусты белокочанной (*Brassica oleracea*), листья капусты пекинской (*Brassica chinensis*), плоды сладкого перца (*Capsicum annuum*), томаты (*Solanum lycopersicum*), черешки сельдерея (*Apium graveolens*).

Общее содержание растворимых веществ, прежде всего растворимых углеводов, является одним из важнейших показателей зрелости плодовоовощной продукции. К ним принадлежат наиболее распространенные в плодах, овощах и ягодах моносахариды: фруктоза, глюкоза и дисахарид сахароза (Бурова, 2014). Содержание растворимых веществ в исследуемых овощах определяли рефрактометрическим методом (ГОСТ..., 2010). Для этого съедобные части овощей гомогенизировали, выжимали сок, который центрифугировали, фильтровали для удаления нерастворимых веществ. Очищенный раствор анализировали на рефрактометре и определяли показатель преломления. Далее рассчитывали массовую долю в сухих растворимых веществах (сахарозы) в овощном соке.

Сравнение полученных результатов с литературными данными показало, что содержание растворимых веществ в листьях капусты и плодах перца близко к показателям спелых овощей (капуста белокочанная – 6.8% (4–10% (Kramchote et al., 2012), капуста пекинская – 8.3 (3.8–6.6 (Sun-Taek et al., 1990), сладкий перец – 8.3 (4–5 (Niklis et al, 2014) соответственно). В томатах (3.8%), черешках сельдерея (2.3) количество растворимых веществ отвечает нижней границе содержания растворимых углеводов в данных овощных культурах (3.5–6.0 (Clutter, Miller, 1961) и 3.6% (Guerra et al., 2010) соответственно), что указывает на их недостаточную спелость.

Общее содержание кислот также является показателем спелости овощных культур. Обычно невызревшие плоды и ягоды характеризуются более высокими значениями титруемой кислотности. Поэтому данный показатель используют для руководства при установлении зрелости плодов, ягод и овощей (Sadler, Murphy, 2010). Кислотность исследуемых овощных культур определяли в свежавыжатом соке методом потенциометрического титрования

(ГОСТ..., 2014). Навеску съедобной части овоща гомогенизировали и переносили в коническую колбу, добавляя воду. Колбу нагревали с обратным холодильником на кипящей водяной бане. Охлажденную реакционную смесь переносили в мерную колбу и разбавляли водой до метки, фильтровали. Аликвоту очищенного раствора титровали 0.05 М гидроксидом натрия до pH 8.1 ± 0.2 . Далее рассчитывали титруемую кислотность.

Полученные значения титруемой кислотности (по лимонной кислоте) в томатах – 0.26%, сладком перце – 0.15, черешках сельдерея – 0.04 совпадают с известными значениями для зрелых овощей (0.24–0.5, 1.2–1.6 и 0.064% соответственно). Капуста белокочанная и пекинская отличаются низкими значениями титруемой кислотности (0.06 и 0.08%), характерными для данных овощных культур.

Таким образом, из исследованных образцов овощных культур, доступных в зимний период, качественными по биохимическому составу (содержание растворимых сухих веществ и титруемая кислотность) являются капуста белокочанная, капуста пекинская и перец сладкий.

Выражаю благодарность научному руководителю О.А. Патовой.

ЛИТЕРАТУРА

- Соловьева А.Е. Улучшение качества картофеля и овощей. МСХ РФ. ТАСИС проект ФДРУС9704. Академия менеджмента и агробизнеса НЗ РФ. СПб., 2004. С. 10–33.
- Бурова Т.Е. Основные технологии пищевых продуктов. Лабораторный практикум. Учебно-методическое пособие. СПб., 2014. С. 53.
- ГОСТ 28562-90. Продукты переработки плодов и овощей рефрактометрическим методом определения растворимых сухих веществ. М., 2010. С. 166–176.
- Kramchote S. et al. Low temperature storage maintains postharvest quality of cabbage (*Brassica oleracea* var. *capitata* L.) in supply chain // International Food Research Journal. 2012. P. 759–763.
- Sun-Taek S. et al. Effect of Soluble-Solids Contents of Chinese Cabbages on Kimchi Fermentation // Korean Journal of Food Science and Technology. 1990. P. 278–284.
- Niklis N.D. et al. Ascorbic Acid, Soluble Solids and Dry Matter Content in Sweet Pepper Fruit: Change During Ripening // Journal of Vegetable Crop Production. 2014. P. 12.
- Clutter M.E., Miller E.V. Ascorbic Acid Content and Time of Ripening of Tomatoes // Economic botany. P. 218–222.
- Guerra N. et al. Quality Characterization of Celery (*Apium graveolens* L.) by Plant Zones and Two Harvest Dates // Journal of Food Science. 2010. P. 328–332.
- Sadler G.D., Murphy P.A. Chemical Properties and Characteristics of Foods // pH and Titratable Acidity. 2010. P. 219–238.
- ГОСТ ISO 750. Продукты переработки фруктов и овощей. Определение титруемой кислотности. М., 2014. С. 7.

СОПОСТАВЛЕНИЕ СТЕПЕНИ РАСТЯЖЕНИЯ КАРДИОМИОЦИТА И САРКОМЕРА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ МЕТОДА КАРБОНОВЫХ ВОЛОКОН

Т.А. Мячина¹, А.Д. Хохлова^{1, 2}, О.Н. Лукин^{1, 2}

¹Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург

²Институт иммунологии и физиологии УрО РАН, г. Екатеринбург

Исследование сократительной функции миокарда часто проводится на уровне изолированных кардиомиоцитов. Одним из способов прямой регистрации механической активности кардиомиоцита является метод карбоновых волокон, в котором пара таких волокон фиксируется к концам кардиомиоцита. Это позволяет задавать растяжение и одновременно измерять текущую длину клетки по величине изгиба волокон во время ее сократительного ответа (An approach..., 2018; Load dependency..., 2014). Для этого выполняется запись изображения клетки в узком продольном регионе и измеряется профиль интенсивности изображения. Волокна на этом профиле имеют минимальную яркость, длина клетки измеряется по расстоянию между волокнами. Средняя длина саркомера оценивается по сигналу исчерченности профиля интенсивности с помощью метода дискретного преобразования Фурье.

В некоторых случаях фиксация волокон к поверхности клетки может быть недостаточно хорошей, так что при растяжении клетки происходит их соскальзывание. Это дает завышенную оценку длины клетки.

Цель работы – оценка несоответствия между степенью растяжения клетки и степенью растяжения саркомеров в ней при использовании метода двух карбоновых волокон.

Измерения выполнены на изолированных кардиомиоцитах правого желудочка крысы ($n = 138$) в стандартном растворе Тироде при 25 °C и частоте стимуляции 1 Гц. При задании последовательного растяжения кардиомиоцитов были получены зависимости «конечно-диастолическая длина клетки – средняя длина саркомера», выраженные в % от длины клетки/саркомера без задания растяжения, которые затем приближали линейной функцией $y = kx + b$. Далее были проанализированы только зависимости с коэффициентом детерминации ли-

нейного приближения ≥ 0.9 . Для этого набора клеток ($n = 99$) среднее значение коэффициента k составило 0.47 ± 0.02 . Таким образом, при задании последовательного растяжения клетки в диастолическую фазу ее сокращения имеет место почти двукратное несоответствие между степенью растяжения саркомера и измеряемым приростом длины клетки, связанное с эффектом постепенного соскальзывания карбоновых волокон и завышенного измерения длины клетки. Дальнейший анализ данных показал, что в ходе систолического укорочения клетки эффект соскальзывания волокон выражен значительно слабее даже при растяжении саркомера до длин 2.0–2.1 мкм.

Описанная методика позволяет оценивать качество биомеханических измерений на изолированных кардиомиоцитах с применением метода карбоновых волокон. Количественная оценка степени несоответствия между растяжением клетки и растяжением ее саркомеров (линейный коэффициент зависимости «конечно-диастолическая длина клетки – средняя длина саркомера») позволяет исключать из анализа клетки со значительным соскальзыванием карбоновых волокон при задании ее растяжения.

Работа поддержана грантом РФФИ № 18-04-00572, Постановлением Правительства РФ № 211 от 16.03.2013 и программой ФНИ государственных академий наук на 2013–2020 гг. в ИИФ УрО РАН (тема 65.5).

ЛИТЕРАТУРА

An approach for improvement of carbon fiber technique to study cardiac cell contractility / Т. Myachina, А. Khokhlova, I. Antsygin, O. Lookin // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2018. In press.

Load dependency in force-length relations in isolated single cardiomyocytes / G. Iribe, T. Kaneko, Y. Yamaguchi, K. Naruse // Progress in biophysics and molecular biology. 2014. № 115(2). P. 103–114.

ВЛИЯНИЕ ПЕКТИНА ПИЖМЫ *TANACETUM VULGARE* L. НА ПИЩЕВОЕ ПОВЕДЕНИЕ МЫШЕЙ

Н.М. Падерин

Институт физиологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар

Пищевые волокна, например пектины, образуя вязкие растворы, продлевают чувство сытости и снижают аппетит. Пектины с разветвленным строением и низкой степенью этерификации образуют вязкие растворы. Известно, что пектин пижмы *Tanacetum vulgare* L. обладает разветвленной молекулой и очень низкой степенью этерификации (7%). Коммерче-

ские пектины, представляющие собой линейные молекулы со степенью этерификации от 40 до 70%, увеличивают чувство сытости, но при этом практически не оказывают влияния на количество съедаемой пищи. Таким образом, пектин пижмы может оказаться более эффективным в регуляции чувства сытости и аппетита.

Цель работы – определить влияние пектина пижмы *Tanacetum vulgare* L. на пищевое поведение мышей.

Пищевое поведение определяли при помощи теста «Поведенческая последовательность сытости» (от англ. Behavioural satiety sequence). Тестирование мышей проводилось в течение 1 ч и записывалось на видеокамеру. Пектин пижмы и коммерческий яблочный пектин вводили перорально в дозе 50 мг/кг при помощи пластикового зонда за 2 ч до тестирования животных. Контрольные животные получали 0.2 мл дистиллированной воды. Реологические свойства пектинов определяли на вискозиметре Brookfield Model DV-III при 37 °C. Для определения реологических свойств пектинов в условиях желудочно-кишечного тракта растворы пектинов последовательно инкубировались в средах, имитирующих среды желудка и тонкого кишечника.

Мыши, получившие пектин пижмы, в течение 1 ч съели на 33% меньше корма и на 47% меньше времени провели за потреблением кор-

ма по сравнению с контролем. Яблочный пектин не изменил количество съеденного корма и времени, затраченного мышами на прием пищи.

Вязкость раствора пектина пижмы значительно увеличивалась при инкубации в среде, имитирующей среду желудка. Вязкость раствора пектина пижмы снижалась при инкубации в среде, имитирующей среду тонкого кишечника. Вязкость яблочного пектина практически не изменялась при последовательной инкубации в средах, имитирующих среды желудка и тонкого кишечника. Вязкость пектина пижмы была значительно выше вязкости яблочного пектина в растворе, имитирующем среду желудка.

Таким образом, пектины изменяют пищевое поведение. Данная способность зависит от вязкости пектиновых растворов в условиях желудка.

Работа выполнена при поддержке гранта УрО РАН № 18-7-8-29.

ВЛИЯНИЕ БИОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И ФАКТИЧЕСКОГО ПИТАНИЯ НА СОДЕРЖАНИЕ СЕЛЕНА В КРОВИ МУЖЧИН, ПРОЖИВАЮЩИХ НА ЕВРОПЕЙСКОМ СЕВЕРЕ РОССИИ

О.И. Паршукова, Е.Р. Бойко

Институт физиологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар

Селен – эссенциальный микроэлемент, который в организме человека является кофактором ряда ключевых ферментов (Gerald et al., 2009). Ранее нашими исследованиями показано, что в течение одного года уровень селена у жителей европейского Севера существенно меняется. Выраженное снижение содержания селена в сыворотке крови у этих лиц отмечалось с мая по август с наиболее низкими значениями в июле, которые на 32% ниже среднеширотного норматива. Существенное снижение показателя селена с мая по август коррелирует с понижением активности селен-зависимого фермента ГП. При минимальных уровнях селена выявляется значимая корреляционная связь с гормонами системы гипоталамо-гипофиз-щитовидная железа (Parshukova et al., 2014). На основании полученных данных было актуальным определение степени влияния факторов на изменение уровня селена в течение одного года.

Цель данной работы – определение факторов и их силы влияния на изменения уровня селена в крови мужчин – жителей европейского Севера.

Исследование проведено на группе мужчин, жителей европейского Севера (18–22 лет, n = 20). Выбранные лица не имели хронических заболеваний. Распорядок дня и рацион питания обследуемых лиц в течение всего периода наблюдения был стабильным. Содержание селена в сыворотке крови определяли флуориметрическим методом с 2,3-диаминонафтали-

ном (Лебедев, Лебедев, 1996). В качестве стандарта органической формы селена использовали сыворотку крови с известным содержанием этого микроэлемента «Seronorm Trace Elements Serum, Lot MI0181» (Норвегия). Проводилось исследование свободного и общего трийодтиронина (Т3), общего и свободного тироксина Т4, тиреотропного гормона (ТТГ), активности глутатионпероксидазы (ГП) (Parshukova et al., 2014), концентрации α-токоферола (Солонин и др., 2010), содержание первичных продуктов перекисного окисления липидов (ПОЛ) – диеновых конъюгатов (ДК) (Вахнина, 2009). Проводили оценку фактического питания (Солонин и др., 2010). Описательную статистику и достоверность различий в динамике обследования оценивали с использованием программы «STATISTICA» (версия 6.0, StatSoft Inc, 2001).

Наши результаты дисперсионного анализа показали, что наибольшую силу влияния на уровень селена в сыворотке крови у жителей европейского Севера оказывает месяц обследования. Сила влияния данного признака составила 51% (p<0.001). Среди представленных для математического анализа показателей наибольшее влияние на содержание сывороточного селена в течение года у мужчин – жителей европейского Севера – оказывали показатели: ДК, α-токоферола, активности ГП. Из них наибольшую силу влияния на уровень селена в крови у обследованных лиц оказывала активность фермента ГП (21%). Сила влияния ДК и

α -токоферола составили 9 и 4% соответственно. Дефицит селена может приводить к нарушению метаболизма тиреоидных гормонов. Однако дисперсионный анализ не выявил связи между содержанием сывороточного селена и ТЗ свободного, ТЗ общего, Т4 свободного, Т4 общего в крови в группе обследованных мужчин.

Продуктами – источниками селена в рационе питания обследованных мужчин, были хлеб, мясо и рыба. Анализ индивидуальных анкет по фактическому питанию показал, что количество потребляемых за сутки белков, углеводов и энергии в целом удовлетворяло ежедневным физиологическим потребностям организма. Проведенный дисперсионный анализ показателей фактического питания выявил, что у обследованных лиц наибольшую силу влияния на уровень сывороточного селена в крови оказывал показатель суточного потребления рыбы (10%). Сила влияния показателей суточного потребления белков и мяса составила 6 и 4% соответственно. Дисперсионный анализ показателей суточного потребления хлеба не выявил связи с уровнем селена в крови у мужчин – жителей европейского Севера.

Таким образом, показано, что наибольшую силу влияния (более 50%) на уровень селена в сыворотке крови оказывает месяц обследования. Также на содержание селена в крови оказывают влияние такие биохимические пока-

затели, как активность ГП, ТТГ, ДК, уровень α -токоферола и суточное потребление белков, в том числе мяса и рыбы, у обследованных мужчин, проживающих на европейском Севере. Это необходимо учитывать при адаптации схем профилактики дефицита селена у жителей Севера.

ЛИТЕРАТУРА

Вахнина Н.А. Годовая динамика процессов СРО у человека на европейском Севере: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Сыктывкар, 2009.

Лебедев П.А., Лебедев А.А. Модификация спектрофлуориметрического метода определения селена крови // Химико-фармакологический журнал. 1996. Т. 30. № 10. С. 54–55.

Физиолого-гигиеническая оценка адекватности питания военнослужащих, проходящих военную службу по призыву, на Севере в годовом цикле наблюдения / Ю.Г. Солонин, Т.В. Есева, А.Ю. Логинов, В.Г. Евдокимов, Т.П. Логина, Н.Н. Потолицина, Е.Р. Бойко // Военно-медицинский журнал. 2010. № 1. С. 65.

Gerald F., Combs Jr., Midthune D.N., Patterson K.Y., Canfield W.K., Hill A.D., Levander O.A., Taylor P.R., Moler J.E., Patterson B.H. Effects of selenomethionine supplementation on selenium status and thyroid hormone concentrations in healthy adults // J. Clin. Nutr. 2009. Vol. 89. P. 1808–1814.

Parshukova O., Potolitsyna N., Shadrina V., Chernykh A., Bojko E. Features of selenium metabolism in humans living under the conditions of North European Russia // Int. Arch. Occup. Environ. Health. 2014. Vol. 87. № 6. P. 607–614.

АНАЛИЗ ТРОФОТРОПНЫХ ЭФФЕКТОВ КАТЕХОЛАМИНОВ В КУЛЬТУРЕ ВОЗБУДИМЫХ И НЕВОЗБУДИМЫХ ТКАНЕЙ

Н.А. Пасатецкая^{1,2}, А.И. Лопатин³, А.В. Кипенко^{1,3}, Е.В. Лопатина^{1,3}

¹ Национальный медицинский исследовательский центр им. В.А. Алмазова, г. Санкт-Петербург

² Институт физиологии им. И.П. Павлова, г. Санкт-Петербург

³ Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад. И.П. Павлова, г. Санкт-Петербург

Симпатическая нервная система участвует в процессах ремоделирования различных тканей. Хорошо известно, что катехоламины способны усиливать синтез белка в миокарде, вызывать гипертрофию кардиомиоцитов и регулировать процессы роста и пролиферации клеток (Лопатина и др., 2016). Результаты ряда исследований свидетельствуют об участии катехоламинов в регуляции роста ткани кости (Serre et al., 1999). Однако полученные *in vivo* и *in vitro* экспериментальные данные о механизме действия катехоламинов весьма противоречивы.

Цель настоящей работы – изучение механизмов реализации трофотропных эффектов адреналина в условиях органотипического культивирования эксплантатов ткани сердца и кости 10–12-дневных куриных эмбрионов.

Исследование проводили на эксплантатах ткани сердца и кости 10–12-дневных куриных эмбрионов, культивируемых в чашках Петри на подложках из коллагена в питательной среде в CO₂-инкубаторе («Sanyo», Япония) в течение

трех суток при 37 °C и 5% CO₂. Адреналин («Sigma») исследовали в диапазоне концентраций от 10⁻⁹ до 10⁻¹⁴ и от 10⁻⁴ до 10⁻¹⁴ М при культивировании эксплантатов ткани сердца и кости соответственно. Для оценки роли β_1 -адренорецепторов в исследуемых процессах экспериментальные эксплантаты культивировали в питательной среде, содержащей адреналин и кардиоселективный β_1 -адреноблокатор атенолол («Sigma»). Анализ полученных данных проводили с использованием морфометрического метода и метода реконструкции оптических срезов.

Исследования позволили обнаружить, что действие катехоламинов на рост эксплантатов ткани сердца является дозозависимым. Максимальный трофотропный эффект адреналина обнаружили в концентрации 10⁻¹² М. Индекс площади экспериментальных эксплантатов был выше контрольного значения на 69%. Адреналин не оказывал ингибирующего действия в диапазоне концентраций от 10⁻⁹ до 10⁻¹⁴ М. Результа-

ты, полученные при культивировании экспериментальных эксплантатов ткани сердца в питательной среде, содержащей адреналин (10^{-12} М) и атенолол (10^{-4} М), свидетельствуют о реализации трофотропного действия катехоламинов за счет взаимодействия с α_1 -адренорецепторами.

При исследовании влияния адреналина на рост эксплантатов ткани кости впервые зарегистрировано ингибирующее рост эксплантатов действие препарата в концентрации 10^{-4} М. Индекс площади экспериментальных эксплантатов меньше контрольного значения на 53%. В диапазоне концентраций от 10^{-6} до 10^{-14} М адреналин на рост эксплантатов костной ткани практически не влиял. Ингибиторный анализ с по-

мощью кардиоселективного α_1 -адреноблокатора атенолола (10^{-4} М) доказал отсутствие вклада этого типа адренорецепторов в обнаруженный эффект адреналина (10^{-4} М).

Работа поддержана грантом РФФИ № 16-34-00831.

ЛИТЕРАТУРА

Лопатина Е.В., Кипенко А.В., Пеннийнен В.А. и др. Ремоделирование сердечно-сосудистой системы: причины и следствия // Успехи физиологических наук. 2016. Т. 47. № 2. С. 45–61.

Serre C.M., Farlay D., Delmas P.D., Chenu C. Evidence for a dense and intimate innervation of the bone tissue, including glutamate-containing fibers // Bone. 1999. Vol. 25. P. 623–629.

ИЗУЧЕНИЕ ПОЛИСАХАРИДНОГО СОСТАВА И ТЕКСТУРНЫХ СВОЙСТВ КОЖУРЫ И МЯКОТИ ПЛОДОВ СЛИВЫ

Е.В. Политова

Институт физиологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар

Слива включена в группу сочного растительного сырья, в ее плодах содержится около 90% воды. С этим связана ее низкая калорийность (на 100 г мякоти приходится 49 калорий) (Журавель и др., 2007). В сливе минералов больше, чем в яблоках и грушах. В ее состав входят такие уникальные вещества, как кумарины, препятствующие образованию тромбов. Кроме того, сливы характеризуются высоким содержанием пищевых волокон (ПВ, до 10%) (Еремин, Витковский, 1980), из которых можно выделить целлюлозу, пектины (Brownlee, 2011) и гемицеллюлозы.

Плоды сливы характеризуются непродолжительным сроком хранения, в процессе которого ярко выражено изменение их текстурных свойств. Известно, при созревании и хранении фруктов нерастворимые пектины переходят в растворимые, что приводит к уменьшению жесткости плодов и улучшению их вкусовых качеств (Catherine et al., 2009). Какие процессы происходят в составе пищевых волокон сливы в процессе хранения неизвестно. Поэтому актуальным является определение полисахаридного состава ПВ кожуры и мякоти сливы при изменении текстурных свойств ее плодов в процессе хранения.

Объектом исследования выбрана слива домашняя *Prunus domestica* L. (сорт Венгерка), купленная в местном супермаркете в октябре. Плоды были разделены на две партии. Первая партия исследована на следующий день после покупки, определены текстурные свойства и полисахаридный состав. Первую партию слив (жесткая слива) можно охарактеризовать наличием плотной мякоти и жесткой кожуры. Вторая партия слив хранилась при комнатной температуре в темном месте в течение 15 сут. до значительного изменения текстуры плодов. Для контроля изменения текстуры каждые три

дня определяли твердость плодов на анализаторе текстуры, оснащенном цилиндрическим зондом, путем вдавливания зонда в образцы с кожурой. В течение 12 сут. наблюдалось постепенное линейное уменьшение твердости плодов, на 15 сут. произошло резкое уменьшение твердости. Было замечено визуальное изменение сливы по текстуре (мякоть стала мягкой, кожура податливой) и цвету. Анализ полисахаридного состава второй партии слив (мягкая слива) проводили на 15 сут.

Установлено, что при вдавливании зонда плоды сливы выдерживают неодинаковые механические нагрузки в зависимости от партии. Анализ текстурных показателей исследуемых плодов сливы выявил, что более высокими значениями приведенного модуля упругости, твердости, энергии, затрачиваемой для вдавливания зонда в материал, обладает жесткая слива по сравнению с мягкой (0.2 Н/мм², 0.9 Н/мм², 7 Нмм и 0.15 Н/мм², 0.5 Н/мм², 4 Нмм соответственно).

Для характеристики полисахаридов, входящих в состав сливы, использовали метод последовательной исчерпывающей экстракции, который позволяет выделить все полисахариды ПВ, присутствующие в растительном материале. Полисахариды, которые экстрагируются водой, относятся к растворимым пищевым волокнам (РПВ), полисахариды, экстрагируемые растворами соляной кислоты (рН = 2), 0.7% оксалатом аммония, 0.5% соды, 0.5% гидроксида натрия, относятся к нерастворимым пищевым волокнам (НПВ), целлюлоза и лигнин, представляющие собой нерастворимый растительный остаток, также относятся к НПВ.

В результате показано, что главными компонентами ПВ слив как жестких, так и мягких являются водорастворимые пектиновые полисахариды (гидропектин, выход 3.4–7.5% на сух.

сырье), несвязанные с компонентами клеточной стенки, и пектиновые полисахариды (протопектин, выход 1.2–4% на сух. сырье), входящие в состав протопектинового комплекса, экстрагируемые растворами соляной кислоты и оксалата аммония; а также нерастворимый растительный остаток (жмых, выход 7–15% на сух. сырье). Гемицеллюлозы (выход 0.1–1.5% на сух. сырье) получены растворами карбоната и гидроксида натрия.

Выявлено, что содержание гидропектина и протопектина в кожуре жесткой сливы составляет 5.5 и 4%, а мягкой сливы – 7.5 и 3% соответственно, что в два и три раза выше содержания гидропектина и протопектина в мякоти жесткой и мягкой слив соответственно. Определено, что при снижении показателей твердости сливы увеличивается количество гидропектина в кожуре и мякоти на 20%, а количество протопектина уменьшается на 20%. Пектины, выделенные из жестких и мягких слив, характеризуются высоким содержанием урсонных кислот (60–75%), статистически значимых различий не выявлено.

Все пектины, выделенные из плодов сливы, характеризуются низким суммарным содержанием остатков нейтральных моносахаридов (до 21%), среди которых главными являются остатки галактозы и арабинозы (по 3–9%). При снижении показателей твердости плодов сливы (при размягчении сливы в процессе хранения)

в гидропектине кожуры и мякоти наблюдается увеличение суммарного содержания остатков нейтральных моносахаридов в два раза. Происходит это, главным образом, за счет увеличения остатков галактозы (от 2 до 7%). В протопектине достоверных изменений не выявлено.

На основании проделанной работы можно сделать заключение:

- суммарное содержание пектиновых полисахаридов в кожуре сливы *P. domestica* больше, чем в мякоти, независимо от текстурных свойств, изменяющихся в процессе хранения плодов.

- снижение показателей твердости и упругости плодов сливы *P. domestica* сопровождается увеличением содержания гидропектина и уменьшением содержания протопектина, при этом в гидропектине увеличивается суммарное содержание остатков нейтральных моносахаридов в два раза.

ЛИТЕРАТУРА

- Журавель А.М. Слива / А.М. Журавель, М.П. Рапча, А.С. Короид, С.В. Грицкан, М.К. Магер. Кипшину: А.С.М., 2007. 236 с.
- Еремин Г.В. Слива / Г.В. Еремин, В.Л. Витковский. М.: Колос, 1980. 255 с.
- Brownlee I.A. The physiological roles of dietary fiber // Food. Hydrocoll. 2011. V. 25. P. 238–250.
- Catherine M.G., Renard C., Ginies C. Comparison of the cell wall composition for flesh and skin from five different plums // Food Chemistry. 2009. V. 114. P. 1042–1049.

ОЦЕНКА АППЕТИТА ЧЕЛОВЕКА С НАРУШЕНИЕМ ЦИРКАДИАННОГО РИТМА

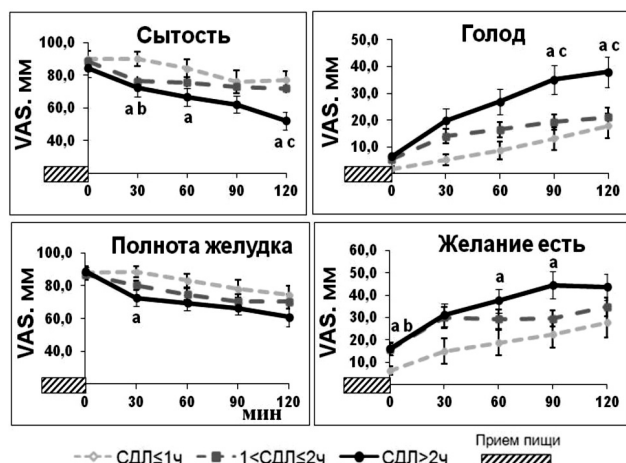
А.С. Полугрудов

Институт физиологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар

Известно, что чувство аппетита человека зависит от циркадианного (суточного) ритма (Scheer et al., 2013; Sargent et al., 2016). Рассогласование суточного ритма чувства голода и сытости может быть причиной метаболических заболеваний, увеличения веса и развития ожирения и др. Например, при экспериментальном ограничении сна увеличиваются чувство голода и потребление пищи (McNeil et al., 2013; Sargent et al., 2016). В условиях реального мира биологические ритмы человека подчинены социальным ритмам. Рассогласование биологических и социальных ритмов вызывает десинхронизацию, формой которой является «социальный джетлаг» (СДЛ) (Wittmann et al., 2006). Установлено, что у людей с СДЛ отмечаются повышенный индекс массы тела (ИМТ) и склонность к ожирению (Roenneberg et al., 2012), метаболические расстройства (Parsons et al., 2015). Однако влияния СДЛ на регуляцию аппетита человека еще не изучено.

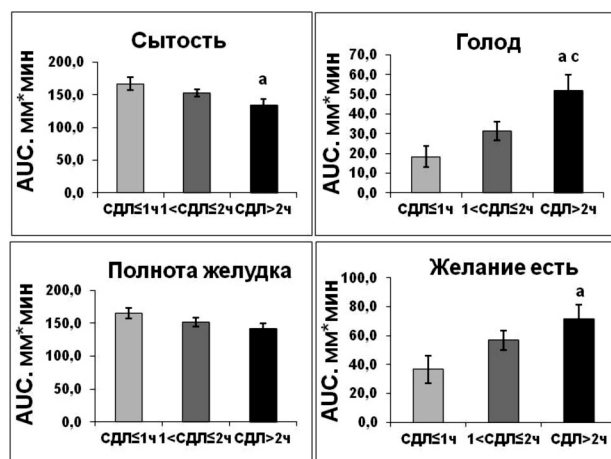
Цель исследования – оценить влияние СДЛ на чувство аппетита человека.

В эксперименте приняли участие практически здоровые жители г. Сыктывкара ($n = 66$) в возрасте 23.2 ± 0.4 лет с нормальной массой тела ($ИМТ = 22.3 \pm 0.4$). Исследование проходило в Институте физиологии Коми НЦ УрО РАН с 9 ч утра в выходные дни, натошак, участие было добровольным и анонимным. Участники потребляли пищу на завтрак (пицца+вода *ad libitum*) и отмечали свое чувство аппетита (голод, сытость, полнота желудка, желание есть, жажда) через каждые 30 мин в течение 2 ч с помощью визуальной аналоговой шкалы (VAS). Добровольцы заполняли опросники: мюнхенский опросник для определения хронотипа; питтсбургский опросник на определение индекса качества сна; шкала депрессии Бека; шкала дифференциальных эмоций; голландский опросник пищевого поведения. Концентрацию глюкозы в капиллярной крови определяли три раза (до приема пищи, сразу после и через 2 ч) с помощью глюкометра OneTouch Select Simple device (LifeScan, Switzerland). Значимость различий была определена при помощи однофакторного ковариационного анализа (ANCOVA) и пар-



Примечание: разница значима между группами:
а – СДЛ > 2ч и СДЛ ≤ 1ч, $p < (0.05-0.001)$; б – 1 < СДЛ ≤ 2ч и СДЛ ≤ 1ч, $p < 0.05$;
с – СДЛ > 2ч и 1 < СДЛ ≤ 2ч, $p < (0.01-0.001)$. Критерий Тьюки.

Рис. 1. Оценка аппетита в течение 2 ч после приема пищи.



Примечание: разница значима между группами:
а – СДЛ > 2ч и СДЛ ≤ 1ч, $p < (0.01-0.001)$; с – СДЛ > 2ч и 1 < СДЛ ≤ 2ч, $p < (0.05)$.
Критерий Тьюки.

Рис. 2. Площадь под кривой оценки аппетита.

ного сравнения *post hoc* критерия Тьюки. Площадь под кривой (AUC) была рассчитана методом трапеции. Все исследования одобрены Комитетом по этике Института физиологии Коми НЦ УрО РАН.

С помощью Мюнхенского опросника для оценки хронотипа добровольцев разделили на три группы: СДЛ ≤ 1 ч ($n = 17$), 1 < СДЛ ≤ 2 ч ($n = 28$) и СДЛ > 2 ч ($n = 21$).

Установлено, что чувство сытости у людей с СДЛ > 2 ч значительно снижалось по сравнению с двумя другими группами в течение 2 ч после приема пищи (рис. 1). Показано, что площадь под кривой чувства сытости у людей с СДЛ > 2 ч была на 25% ниже по сравнению с первой группой (рис. 2). Чувство голода и желание кушать у людей с СДЛ > 2 ч были значительно выше по сравнению с двумя другими группами в течение 2 ч после приема пищи. Отмечено, что площадь под кривой чувства голода и желанием принять пищу была в два раза выше у людей с СДЛ > 2 ч по сравнению с другими группами. Однако для полноты желудка таких различий не обнаружено. Значимых различий в потреблении пищи между тремя группами СДЛ не выявлено. Таким образом, наши данные показывают, что у людей с СДЛ > 2 ч, вероятно, существует диссоциация между висцеральными ощущениями желудка и субъективным чувством голода.

ОСОБЕННОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ КАЛЬЦИЙ-ВЫСВОБОЖДАЮЩЕЙ СИСТЕМЫ В СЕРДЕЧНЫХ КЛЕТКАХ

А.М. Рывкин

Институт иммунологии и физиологии УрО РАН, г. Екатеринбург
Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург

Численное моделирование динамики ионов Ca^{2+} является первоочередной задачей в современной математической физиологии. Сер-

Работа выполнена при поддержке гранта Уральского отделения РАН № 15-3-4-50.

ЛИТЕРАТУРА

- Sargent C., Zhou X., Matthews R.W., Darwent D., Roach G.D. Daily rhythms of hunger and satiety in healthy men during one week of sleep restriction and circadian misalignment // *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 2016. № 13. P. 170.
- Scheer F.A.J.L., Morris C.J., Shea S.A. The internal circadian clock increases hunger and appetite in the evening independent of food intake and other behaviors // *Obesity (Silver Spring)*. 2013. № 21. P. 421–423.
- McNeil J., Forest G., Hintze L.J., Brunet J.F., Finlayson G., Blundell J.E., Doucet J. The effects of partial sleep restriction and altered sleep timing on appetite and food reward // *Appetite*. 2017. № 109. P. 48–56.
- Wittmann M., Dinich J., Merrow M., Roenneberg T. Social jetlag: misalignment of biological and social time // *Chronobiol. Int.* 2006. № 23. P. 497–509.
- Roenneberg T., Allebrandt K.V., Merrow M., Vetter C. Social jetlag and obesity // *Curr. Biol.* 2012. № 22. P. 939–943.
- Parsons M.J., Moffitt T.E., Gregory A.M., Goldman-Mellor S., Nolan P.M., Poulton R., Caspi A. Social jetlag, obesity and metabolic disorder: investigation in a cohort study // *Int. J. Obes.* 2015. № 39. P. 842–848.

дечные сокращения активируются повышением концентрации внутриклеточного Ca^{2+} , большое количество которого периодически высво-

бождается из специфических кальциевых цистерн, саркоплазматического ретикулума (СР). Высвобождение происходит через рианодин-овые рецепторы (RyR-каналы) в ответ на повышение концентрации Ca^{2+} вследствие ионных мембранных внешних токов через каналы L-типа. Особую важность исследованиям нарушений ритма и механической функции кардиомиоцитов при их перегрузке кальцием придает то обстоятельство, что именно кальциевая перегрузка может быть одной из наиболее значительных предпосылок возникновения острой сердечной недостаточности.

Недавние эксперименты по изучению процесса кальциевой динамики в клетках водителей ритма (Vinogradova et al., 2006) показали, что в отсутствие стимуляции со стороны мембранных токов наблюдались спонтанные периодические высвобождения Ca^{2+} из изолированных цистерн СР. Данные локальные высвобождения (Ca^{2+} -«часы») взаимодействуют с внешними колебаниями напряжения (мембранными «часами»). Самосогласованное взаимодействие внешнего и внутреннего осцилляторов обеспечивает надежность работы ритмоводителей в

достаточно широком диапазоне динамических параметров.

В докладе будут представлены основные результаты моделирования самосогласованного взаимодействия Ca^{2+} -«часов» и мембранного осциллятора в клетках водителя сердечного ритма, а также описаны особенности алгоритмов моделирования стохастической динамики RyR-каналов на мембране СР. Будут представлены результаты численных исследований влияния различных блокаторов ионных токов на характер поведения клеток водителя сердечного ритма, а также изучения влияния температуры на кальций-высвобождающую систему.

Поддержано грантами РФФИ № 16-34-60223, 18-015-00368.

ЛИТЕРАТУРА

Vinogradova V.M., Lyashkov A.E., Zhu W., Ruknudin A.M., Sirenko S., Yang D., Deo S., Barlow M., Johnson S., Caffrey J.L. High Basal Protein Kinase ATP Dependent Phosphorylation Drives Rhythmic Internal Ca^{2+} Store Oscillations and Spontaneous Beating of Cardiac Pacemaker Cells // Circulation research. 2006. V. 98. № 4. P. 505–514.

ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СЕРДЕЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЕЗДОВЫХ СОБАК, УЧАСТВУЮЩИХ В ГОНКАХ НА ДЛИННЫЕ ДИСТАНЦИИ

Д.К. Рябов¹, А.Н. Шестакова²

¹ Санкт-Петербургская государственная академия ветеринарной медицины, г. Санкт-Петербург

² Вятская государственная сельскохозяйственная академия, г. Киров

Активный тренинг ездовых собак не может не влиять на миокард, приводя к различным изменениям в сердце, особенно это касается длинных дистанций, на которых от собак требуются значительная активация работы сердца и способность быстро восстанавливать функциональную активность миокарда.

Электрокардиографический скрининг сердечной деятельности ездовых собак проводили на лонг-гонке «ВолгаКвест-2017» протяженностью 520 км, проходящей по Самарской, Ульяновской областям и Республике Татарстан. Всего было исследовано 46 взрослых собак, участвующих в гонке, из них 22 – сибирские хаски, 12 – байкальские хаски и 12 – ездовые метисы в возрасте 2–6 лет. Электрокардиограмму (ЭКГ) регистрировали с помощью трехканального электрокардиографа «SHILLER» (Швейцария) по методике стандартных отведений по Эйнтховену, усиление кардиографа 10 мм = 1 мВ и 5 мм = 1 мВ, скорость записи 25 и 50 мм/сек. ЭКГ записывали до старта и сразу после финиша.

Согласно проведенным исследованиям, было установлено достоверное увеличение амплитуды зубцов Р, Q, R и Т у ездовых метисов, по сравнению с собаками породы сибирский хаски, что может свидетельствовать о гиперто-

фии как предсердий, так и желудочков и указывает на высокую электрическую активность миокарда. При определении продолжительности интервалов выявлены достоверные изменения увеличения интервала Т-Р, что свидетельствует о более полноценной диастоле и быстром восстановлении миокарда у ездовых метисов.

Что касается функциональных показателей работы сердца, то нами также были определены достоверные отличия между собаками. Частота сердечных сокращений (ЧСС) сибирской хаски – 152.1 ± 8.0 ; байкальской хаски – 128.9 ± 6.4 ; ездового метиса – 127.0 ± 7.4 уд./мин. Систолический показатель предсердий (СПП): сибирской хаски – 24.6 ± 1.2 ; байкальской хаски – 20.9 ± 0.9 ; ездового метиса – $21.5 \pm 1.4\%$. Систолический показатель желудочков (СПЖ): сибирской хаски – 39.1 ± 1.4 ; байкальской хаски – 34.8 ± 2.1 ; ездового метиса – $35.7 \pm 1.8\%$. Диасто-ло-систолический коэффициент (ДСК): сибирской хаски – 0.56 ± 0.05 ; байкальской хаски – 0.65 ± 0.05 ; ездового метиса – 0.68 ± 0.05 .

Также оценены изменения конечной части желудочкового комплекса на ЭКГ: сегмент S-T и зубец Т. В группе сибирских хаски у 12.5% тренируемых собак было отмечено нарушение реполяризации, гипоксия и ишемия миокарда: элевация S-T и двухфазный зубец Т. У байкаль-

ских хаски и ездовых метисов эти изменения отмечены у 8% собак.

Кроме того, у ездовых собак взята кровь для исследования на сердечный тропонин I (сТ-пI) – регуляторный белок сердечной мышцы, ассоциированный с актиновыми нитями, который вырабатывается исключительно кардиомиоцитами. Является очень чувствительным маркером повреждения миокарда, появляющимся в сыворотке при метаболических повреждениях миокарда, ишемии и некрозе. У всех изучаемых собак параметры были в пределах нормативных значений (не более чем 0.5 нг/мл). Это значит, что собаки адаптированы к длинным дистанциям и способны переносить физические нагрузки такой интенсивности.

Итак, электрическая активность миокарда у ездовых метисов на длинных гонках достоверно выше, чем у собак других ездовых по-

род. Это сопровождается увеличением амплитуды зубцов P, Q, R и T.

Средняя частота сердечных сокращений в покое у сибирских хаски составляла 152.1 ± 8.8 уд./мин. (норма – 70–120). Собаки с такой ЧСС «перегорают» раньше времени, и у них возникают трудности с полноценным насыщением кислородом тканей. Средняя частота сердечных сокращений в покое у байкальских хаски – 128.8 ± 6.4 уд./мин, у ездовых метисов – 127.0 ± 3.4 .

Основные патологические изменения на ЭКГ у собак, участвующих в длинных гонках: перегрузка предсердий по объему и застойные явления в малом круге – 37.5% собак, синоатриальная блокада – 12.5, ишемия и гипоксия миокарда – 12.5, суправентрикулярная экстрасистолия – 8%.

ВЛИЯНИЕ ЯБЛОЧНОГО ПЕКТИНА НА ТЕМПЕРАТУРУ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ ВОДЫ В РАСТВОРАХ КРИОПРОТЕКТОРОВ РАЗНОЙ ПРОНИКАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ

М.И. Сергушкина, А.Н. Худяков, Т.В. Полежаева, О.М. Безмельцева
Институт физиологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар

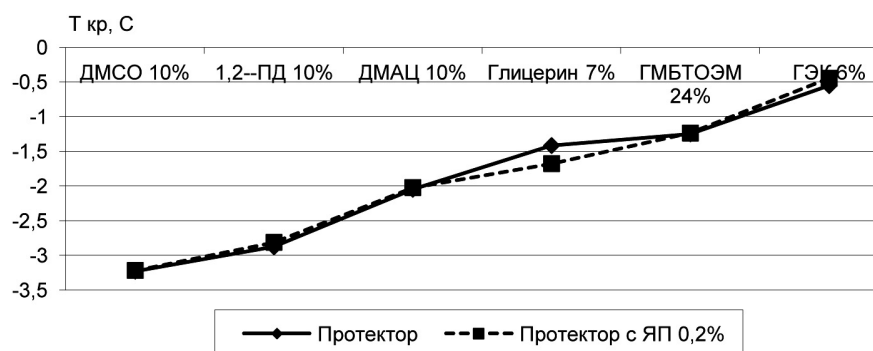
В последние годы в криоконсервировании положительно зарекомендовало себя применение комбинированных криозащитных растворов, состав которых весьма варьирует. Однако механизм совместного действия ингредиентов не всегда известен. При использовании криоскопического метода на предварительном этапе – подборе компонентов возможного состава криоконсерванта – важным является оценка совместного влияния веществ на температуру кристаллизации воды. В частности, для криоконсервирования ядродержащих клеток крови предпочтителен процесс медленного вымораживания фракций воды. Вещества, повышающие вязкость раствора, способны замедлять процессы кристаллизации льда. Известно, что пектины в разной степени могут повышать вязкость среды.

Цель работы – оценить влияние яблочного пектина на температуру кристаллизации во-

ды в растворах криопротекторов с разным механизмом действия.

С помощью криоскопического метода, позволяющего измерять понижение температуры замерзания (кристаллизации) раствора, в сравнении с температурой замерзания чистого растворителя (вода) на приборе осмометр-криоскоп ОСКР-1 (НПП «Буревестник», Санкт-Петербург) с погрешностью (в диапазоне от -0.930 до -3.720 °C) ± 0.010 °C определены температуры замерзания водных растворов криопротекторов с разным механизмом действия: эндоцеллюлярного – глицерин 7% (ЗАО «ЭКОлаб», г. Электрогорск), диметилсульфоксид 10% (ДМСО; Sigma, США), пропандиол 10% (1,2-ПД; Lancaster, Англия), диметилацетамид 10% (ДМАЦ, Sigma, США), слабого экзоцеллюлярного действия – гидроксипропилоксамол 6% (ГЭК; реформан Berlin-Chemie / Menarini Group Германия) и смешанного действия – гексометиленбистетрагидроксипропилоксамол 24% (ГБТОЭМ или

вещество А-378; Казанский химико-технологический институт). Выбор указанных концентраций обусловлен практическим применением данных протекторов. Яблочный пектин «Классик AU-701» (Herbstreith & Fox KG, Германия) использован в концентрации 0.2 вес%, согласно ранее полученным данным об использовании пектинов в составе криозащитных сред (Криопротекторные..., 2010). Водный



Влияние яблочного пектина на температуру замерзания традиционных криопротекторов.

раствор объемом 0.3 мл помещали в пластиковую кювету, погружали в нее измерительный элемент и устанавливали в термостатируемую камеру прибора.

Яблочный пектин способен изменять температуру кристаллизации воды только в растворе глицерина (см. рисунок). Следовательно, комбинирование указанных веществ может быть эффективным при замораживании биобъектов. В частности, нами показано, что показатели жизнеспособности лейкоцитов крови человека, замороженных до -80°C в среде глицерина (7%) и AU-701 (0.2%), статистически значимо выше, чем в среде с глицерином (Сергушкина и др., 2017).

Таким образом, коммерческий яблочный пектин AU-701 способен понижать температуру кристаллизации только водного раствора глицерина. Возможно, это обусловлено тем, что

имеющиеся в составе молекулы пектина функциональные группы образуют с группами (гидроксильными) глицерина связи, формируя комплекс, удерживающий большее количество молекул воды, чем каждый компонент смеси по отдельности. Выявленная особенность, по нашему мнению, способствует снижению риска повреждений клеток при замораживании.

ЛИТЕРАТУРА

- Криопротекторные свойства ряда пектинов / О.Н. Соломина, Е.П. Сведенцов, О.О. Зайцева, Т.В. Полежаева, Р.Г. Оводова, В.В. Головченко, Д.С. Лаптев, А.Н. Худяков, Е.С. Степанова, Ю.С. Оводов // Докл. акад. наук. 2010. Т. 430. № 4. С. 559–561.
Сергушкина М.И., Худяков А.Н., Полежаева Т.В., Безмельцева О.М. Роль пектинов в сохранности клеток при замораживании // Материалы XXIII съезда Физиологического общества им. И.П. Павлова (18–22 сентября). Воронеж: Истоки, 2017. С. 2152–2153.

МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ СПОРТСМЕНОВ РУССКОЙ И АЛТАЙСКОЙ НАЦИОНАЛЬНОСТЕЙ, ЗАНИМАЮЩИХСЯ ЕДИНОБОРСТВАМИ

Р.Э. Сиразетдинов, Н.А. Никифоров, Е.Л. Валякина, А.В. Махалин

Российский государственный университет физической культуры, спорта, молодежи и туризма, г. Москва

В настоящее время существует множество отечественных и зарубежных работ, посвященных морфологическим и функциональным характеристикам спортсменов, представляющих различные виды спорта, тем не менее, данные, касающиеся морфологических характеристик спортсменов, занимающихся единоборствами, крайне малочисленны. Также крайне редко встречаются сведения, характеризующие морфофункциональные показатели спортсменов различных этнических групп. Оценка вегетативной регуляции процессов адаптации к физическим нагрузкам, своевременное выявление вегетативных дисфункций, развивающихся при утомлении, являются приоритетными задачами медико-биологического обеспечения подготовки спортсменов.

Цель нашей работы – изучить морфофункциональные особенности спортсменов, занимающихся единоборствами и представляющих различные этнические группы.

Обследованы спортсмены, занимающиеся единоборствами, алтайской и русской национальностей. Исследования проводились на базе Республиканской специализированной детско-юношеской спортивной школы г. Горно-Алтайска (Республика Алтай), где обследовались спортсмены алтайской национальности. Спортсмены русской национальности, занимающиеся в АСПЕ, г. Москва, обследовались на базе кафедры анатомии и биологической антропологии, РГУФКСМиТ (ГЦОЛИФК). Средний возраст обследованных составил в группе алтайских испытуемых – 23.57 лет, русских – 22.13.

Среди исследованных групп все имели спортивную квалификацию от кандидата мастера спорта, всего в эксперименте приняли участие 63 спортсмена.

Программа морфологического обследования включала антропометрические измерения, которые проводились по стандартной методике, принятой в Научно-исследовательском институте и Музее антропологии МГУ им. М.В. Ломоносова. Нами измерялись следующие антропометрические параметры: тотальные, продольные размеры тела, обхватные размеры тела, толщина жировых складок и скелетные размеры тела. Продольные размеры тела и длина тела измерялись антропометром **Martina**, масса тела – с помощью напольных медицинских весов, обхватные размеры тела – сантиметровой лентой, толщина кожно-жировых складок – специальным прибором (калипером). Поперечные размеры тела определялись большим точкотным или скользящим циркулем как проекционное расстояние между антропометрическими точками во фронтальной или сагиттальной плоскости. Программа измерения также включала определение конституции спортсменов по методике М.В. Черноруцкого. Выделяют три типа конституции: астенический, нормостенический, гиперстенический. Для того, чтобы определить, какой тип конституции у данного человека, нужно вычислить индекс Пинье по формуле $L - (P + T)$, где L – длина тела, см; P – вес тела, кг; T – окружность грудной клетки, см. Если индекс Пинье больше 30 – астенический тип сложения, меньше 10 – гиперстени-

ческий, от 10 до 30 – нормостенический (Тристан, 2012). Кроме морфологических показателей нами определялись и функциональные показатели: жизненная емкость легких (ЖЕЛ) – портативным спирометром, артериальное давление – методом Короткова; частота сердечных сокращений определялась на запястье подсчетом за 1 мин, сила сжатия кистей – динамометром.

Анализ особенностей морфофункциональных показателей спортсменов русской и алтайской национальностей, занимающихся единоборствами, показал, что по морфологическим параметрам спортсмены русской национальности превосходят по всем тотальным показателям алтайских спортсменов. По функциональным показателям нами выявлено, что у обеих

групп обследуемых артериальное давление несколько снижено. ЧСС у русских спортсменов более достоверно отражает брадикардию, чем у спортсменов алтайской национальности. Наибольшие показатели жизненной емкости легких установлены в группе русских спортсменов по сравнению со спортсменами алтайской национальности. Русские спортсмены значительно отстают по показателям динамометрии по сравнению с группой спортсменов алтайской национальности.

ЛИТЕРАТУРА

Солодков А.С., Сологуб Е.Б. Физиология человека: общая, спортивная, возрастная: учебник. М.: Сов. спорт, 2015. 619 с.

Тристан В.Г. Спортивная антропология и морфология: учебное пособие. Омск, 2012. 111 с.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПОДВИЖНОСТИ СПЕРМАТОЗОИДОВ ГРЫЗУНОВ ИЗ ПРИРОДНЫХ ПОПУЛЯЦИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО АНАЛИЗАТОРА

Г.Ю. Смирнов

Институт экологии растений и животных УрО РАН, г. Екатеринбург

Анализ качества спермы у самцов мышевидных грызунов из природных популяций – важная часть определения их фертильности и потенциального вклада в воспроизводство. Однако даже для «модельных» видов не оценено влияние на качество спермы многих экологических факторов (естественных и антропогенных условий среды, плотности популяции и др.). Слабо изучены свойства спермы у разных онтогенетических групп половозрелых грызунов (Оленев, 2009), составляющих популяцию, – сеголеток и перезимовавших особей. Исследование всего комплекса параметров спермы затруднено, поскольку необходимы особые условия для отлова и содержания животных, отбора эякулята, его анализа и т.д. Чаще всего определение фертильности у «диких» грызунов ограничивается исследованием морфологии постмортальных эпидидимальных сперматозоидов (Ieradi et al., 2003). К редким исключениям можно отнести работу (M. Kotula-Balak et al., 2014), в которой изучено влияние фотопериода на морфологию, концентрацию и подвижность сперматозоидов у рыжей полевки (лабораторная колония).

Характеристики подвижности эпидидимальных сперматозоидов перезимовавших особей рыжей полевки

Параметр	Среднее ± ошибка среднего	Минимальные и максимальные значения
VAP, мкм/сек.	190.6 ± 7.35	142.6–219.1
VSL, мкм/сек.	173.2 ± 7.08	126.0–197.1
VCL, мкм/сек.	226.3 ± 8.30	170.8–250.8
ALH, мкм	8.8 ± 0.26	7.6–10.2
BCF, Гц	30.6 ± 2.10	19.7–36.1
STR, %	90.1 ± 0.64	88.0–93.5

Нами разработаны и апробированы процедуры анализа концентрации и подвижности эпидидимальной спермы грызунов из природных популяций с использованием системы анализа спермы животных MouseTraxx (Hamilton Thorne Research, США). Продолжительность анализа одного образца (от момента его взятия до получения клинического отчета, включая тесты на жизнеспособность сперматозоидов) составляла 10 мин.

Исследовали рыжую полевку (*Myodes glareolus* Schreber, 1780) – широко распространенный в лесных экосистемах и один из наиболее изученных видов мышевидных грызунов. Перезимовавших самцов ($n = 9$) отлавливали живоловками в мае 2017 г. на территории Висимского заповедника (Средний Урал). Животных умерщвляли цервикальной дислокацией после короткой передержки в виварии. Изучали шесть параметров подвижности эпидидимальных сперматозоидов: среднюю скорость головки по усредненной траектории движения сперматозоида (VAP), «прямолинейную» скорость – усредненную по времени скорость движения сперматозоида вдоль линии, проведенной между начальной и конечной точками траектории (VSL), «криволинейную» скорость – усредненную по времени скорость движения сперматозоида вдоль его реальной траектории (VCL), отклонение головки относительно средней траектории (ALH), частоту колебательных движений головки (BCF), степень прямолинейности движения (STR), рассчитанную как отношение VSL/VAP (см. таблицу).

Результаты в целом согласуются с опубликованными данными (Kotula-Balak et al., 2014), полученными для молодых полевок (возраст 2 мес.), при этом параметры, связанные со ско-

ростью движения клеток, у перезимовавших особей оказались выше: возможно, эти различия связаны с возрастом животных.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (№ 18-34-00609).

ЛИТЕРАТУРА

Оленев Г.В. Определение возраста цикломорфных грызунов, функционально-онтогенетическая детерминированность, экологические аспекты // Экология. 2009. № 2. С. 103–115.

Ieradi L.A. Evaluation of genotoxic damage in wild rodents from a polluted area in the Czech Republic / L.A. Ieradi, J. Zima, F. Allegra, E. Kotlanova, L. Campanella, R. Grossi, M. Cristaldi // Folia Zoologica. 2003. Vol. 52. № 1. P. 57–66.

Kotula-Balak M. Do photoperiod and endocrine disruptor 4-tert-octylphenol effect on spermatozoa of bank vole (*Clethrionomys glareolus*)? / M. Kotula-Balak, P. Grzmil, K. Chojnacka, K. Andryka, B. Bilinska // General and Comparative Endocrinology. 2014. Vol. 201. P. 21–29.

ВОЗРАСТНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ИММУНО-БИОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ МОЛЛЮСКА *DREISSENA POLYMORPHA* ШЕКСНИНСКОГО ПЛЕСА РЫБИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

А.С. Соколова, С.В. Кузьмичева

Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, г. Ярославль

Двустворчатый пресноводный моллюск *Dreissena polymorpha* (Pallas, 1771) – один из наиболее активных видов-вселенцев. По образу жизни относится к биофильтраторам и играет важную роль в очищении водоема. Для беспозвоночных, в отличие от позвоночных, характерно большее разнообразие в природе процессов старения, что связано с широким спектром вариаций продолжительности жизни: от полной недетерминированности до строгой детерминированности (Hagman, 2009). На мидиях и морских гребешках показано, что с повышением возраста снижается способность антиоксидантной системы инактивировать АФК и уровень антиоксидантов (Бельчева и др., 2014; Lipid peroxidation..., 1989). Однако в доступной литературе отсутствуют данные об исследованиях у пресноводных моллюсков возрастных изменений иммунологических и биохимических показателей.

Цель работы – сравнительное исследование иммуно-биохимических показателей у разных возрастных групп *D. polymorpha*.

Исследовали 38 особей, собранных в 2015 г. на Шекснинском плесе Рыбинского водохранилища. Моллюсков разделили на три возрастные группы по длине раковины. Из мягких тканей готовили гомогенаты на физрастворе (0.6%). С помощью общепринятых методик оценивали содержание неспецифических иммунных комплексов (ИК), уровень бактериостатической активности экстракта тканей (БА) и перекисного окисления липидов (ПОЛ), интенсивность которого оценивали по накоплению малонового диальдегида (МДА). Полученные данные подвергали статистической обработке.

Результаты исследования показали, что с повышением возраста в организме *D. polymorpha* уменьшается уровень БА (от 82.71 до 21.45%), увеличивается содержание ИК (от 0.45 ± 0.08 до 3.0 ± 0.91 усл. ед.) и МДА (от 0.56 ± 0.36 до 7.23 ± 1.33 Нмоль/г).

БА – интегральный показатель функционального состояния врожденных факторов гуморального иммунитета. Снижение БА тканей приводит к насыщению организма чужеродными телами, на что указывают высокие значения содержания ИК. Избыточное образование ИК происходит вследствие супрессии клиринговой функции клеток фагоцитарной системы (Болдырев, 2001). По-видимому, с возрастом у моллюсков происходит нарушение функции элиминации ИК из организма, что становится причиной снижения БА тканей.

ПОЛ – нормальный физиологический процесс, но при активации происходит избыточное накопление активных форм кислорода (АФК), и снижение активности ферментных и неферментных антиоксидантов (Ройт и др., 2000). Результаты исследования показали, что с повышением возраста уровень МДА увеличивается, при этом, вероятно, снижаются содержание α -токоферола, активность антиоксидантных ферментов и накапливается пигмент старения – липофусцин, отражающий усиление процессов ПОЛ (Winston, 1991).

Таким образом, проведенная работа показала, что с повышением возраста у *D. polymorpha* БА тканей снижается, а уровень МДА и содержание ИК повышаются. Аналогичные изменения происходят в организме млекопитающих (Ройт и др., 2000; Зенков и др., 2010).

ЛИТЕРАТУРА

Бельчева Н.Н., Кудряшова Ю.В., Истомина А.А., Чижов Т.Л. Возрастное изменение реакций антиоксидантных ферментов в жабрах приморского гребешка *Mizuhopecten yessoensis* на окислительный стресс // Вопросы рыболовства. 2014. Т. 15. № 3. С. 306–313.

Болдырев А.А. Окислительный стресс и мозг // Соросовский образ. журн. 2001. Т. 7. № 4. С. 21–28.

Зенков Н.К., Менщикова Е.Б., Шкурупий В.А. Старение и воспаление // Усп. совр. биол. 2010. Т. 130. № 1. С. 20–37.

Ройт А., Бростовф Дж., Мейл Д. Иммунология. М.: Мир, 2000. 592 с.

Harman D. Origin and evolution of the free radical theory of aging: a brief personal history, 1954–2009 // *Biogerontology*. 2009. Vol. 10. N 6. P. 773–781.

Lipid peroxidation and level of antioxidant compounds (GSH, vitamin E) in the digestive glands of mussels of three different age groups exposed to anaerobic and aerobic conditions / A. Viarengo, M. Pertica, L. Canesi et al. // *Marine Environmental Research*. 1989. V. 28. P. 2991–2995.

Winston G.W. Oxidants and antioxidants in aquatic animals // *Comparative Biochemistry and Physiology*. 1991. V. 100. N 1–2. P. 173–176.

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ЭКОЛОГИЧЕСКИ-ЗАВИСИМОЙ ИММУНОРЕГУЛЯЦИИ ПРОГРАММИРУЕМОЙ ГИБЕЛИ КЛЕТОК КРОВИ У ЖИТЕЛЕЙ АРКТИКИ

О.А. Ставинская, В.П. Патракеева

Институт физиологии природных адаптаций РАН, г. Архангельск

Программируемая гибель клеток (или апоптоз) включается во все основные процессы иммунного реагирования, в том числе формирования иммунного ответа, аутоиммунитизации и иммунологической толерантности. Апоптоз обеспечивает равновесие клеток в тканях, отмирание ненужных образований в онтогенезе, поддерживает генетическую стабильность организма за счет самоуничтожения генетически поврежденных клеток (Лушников, Абросимов, 2001). В нормально функционирующем организме генерация и гибель клеток находятся в состоянии равновесия, и нарушения процессов апоптоза выступают прямой или опосредованной причиной многих заболеваний. К наиболее серьезным биологическим ингибиторам апоптоза относятся ростовые факторы, экстрацеллюлярный матрикс, CD40-лиганд, нейтральные аминокислоты, цинк, эстрогены, андрогены (Hengartner, 2000). В свою очередь, индукция апоптоза может происходить путем увеличения уровня эндогенных глюкокортикоидов – мощного проапоптотического фактора. К активации апоптоза также приводят вирусные инфекции, нарушение регуляции клеточного цикла, повреждение клетки и потеря контакта с микроокружением или основным веществом ткани, свободные радикалы, ионизирующая радиация (Широкова, 2007). Однако среди многочисленных литературных данных не обнаружено сведений о закономерностях экологически-зависимой иммунорегуляции программируемой гибели клеток крови у людей, проживающих и работающих в условиях Арктики.

Проведено обследование 215 практически здоровых людей в возрасте от 20 до 60 лет, проживающих и работающих на территории НАО (обследуемые лица) и Приморского района Архангельской области (группа сравнения). Исследование проводили с соблюдением основных норм биомедицинской этики. Определение концентраций цитокинов в крови осуществляли методом ИФА. Содержание фенотипов лимфоцитов выявляли методом двойной пероксидазной метки.

Установлено, что повышение активности апоптоза лимфоцитов связано с увеличением общего содержания лимфоцитов, активированных Т-клеток (CD25+, HLADR^{II}), а также Th CD4+ и цитотоксических CD8+. Методом анализа

коэффициентов прироста доказано, что апоптозу подвергаются дифференцированные Т- (преимущественно Th) и В-лимфоциты, в то время как эффекторами апоптоза лимфоцитов являются цитотоксические NK и CD8+. С возрастом регистрируется снижение инициации апоптоза лимфоцитов через CD95, несмотря на более значительный уровень активизации и пролиферации лимфоцитов, увеличение концентрации циркулирующих цитотоксических клеток и NK. Возможно, это отражение снижения функциональной активности лимфоцитов и щеддингом CD95, но нельзя исключить и повышение пула молодых клеток, вышедших из резерва на периферию, подвергать апоптозу которых нецелесообразно.

Нами установлено, что повышение активности апоптоза нейтрофильных гранулоцитов ассоциировано со снижением уровня фагоцитирующих клеток. Программируемая гибель и фагоцитоз апоптотических телец гранулоцитами и моноцитами происходят очень быстро, не обуславливая признаков воспаления, по существу, являясь регуляторами воспалительного процесса (Mitchell et al., 2002). Активность апоптоза нейтрофилов ассоциирована с увеличением концентрации TNF α , sTRAIL без изменения со стороны IL-6, IL-17F, IFN γ . Дефицит содержания нейтрофилов у жителей Арктики, который регистрируется довольно часто и зависит от сезона, не зависит от активности их апоптоза и не компенсируется активизацией их пролиферации. Рост апоптоза лимфоцитов ассоциирован со снижением содержания циркулирующих моноцитов, что обеспечивается миграцией фагоцитов и не связано с усилением их апоптоза.

ЛИТЕРАТУРА

Лушников Е.Ф., Абросимов А.Ю. Гибель клетки (апоптоз). М.: Медицина, 2001. 192 с.

Широкова А.В. Апоптоз. Сигнальные пути и изменение ионного и водного баланса клетки // *Цитология*. 2007. Т. 49. № 5. С. 385–394.

Hengartner M.O. The biochemistry of apoptosis // *Nature*. 2000. Vol. 407. P. 770–776.

Mitchell R.A. Macrophage migration inhibitory factor sustains macrophage proinflammatory function by inhibiting p53: Regulatory role in the innate response / R.A. Mitchell, H. Liao, J. Chesney // *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*. 2002. Vol. 99. N 1. P. 345–350.

ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ МИКРОЦИРКУЛЯЦИИ НА РАЗНЫХ ЭТАПАХ ЗРЕЛОГО ВОЗРАСТА С ПОЗИЦИЙ НЕЛИНЕЙНОЙ ДИНАМИКИ

С.С. Терехин

Ярославский государственный педагогический университет им. К.Д. Ушинского, г. Ярославль

В настоящее время признана практическая необходимость изучения нелинейности физиологических систем, так как болезнь приводит к изменению их нелинейных параметров и способности к адаптации, как показано на примерах групп симптомов, не укладывающихся в обычную диагностику (Burton et al., 2010), вариабельности ритма сердца (Флейшман, 2009; Peng, 2009) и др.

Цель нашего исследования – оценка информативности методов нелинейной динамики в оценке состояния микроциркуляции у лиц разного возраста.

В исследование после получения добровольного информированного согласия были включены практически здоровые лица обоих полов: I группа (средний возраст обследуемых составил 22.4 ± 2.2 года) – начало зрелого периода; II группа (средний возраст – 38.7 ± 6.3 лет) – середина зрелого периода и III группа (средний возраст участников составил 55.4 ± 4.6 года и соответствовал заключительному этапу зрелого периода). Оценку состояния микроциркуляции проводили методом лазерной доплеровской флоуметрии с помощью лазерного анализатора микрокровотока ЛАКК-02. Тестируемая область – подушечка дистальной фаланги второго пальца правой руки. Полученные ЛДФ-граммы обрабатывали с применением специального программного обеспечения (LDF, НПП ЛАЗМА, версия 2.2.0.510), были рассчитаны следующие показатели нелинейной динамики микрокровотока: размерность Хаусдорфа (DO) и показатель Херста (R/S), HO – относительная энтропия, D2 – корреляционная размерность, D2н – нормированная корреляционная размерность H1 – энтропия-информация (см. таблицу).

Зафиксированы статистически значимые отличия ($p < 0.05$) по показателю относительной эн-

тропии: к завершению зрелого периода этот показатель возрос на 9.3% ($p < 0.05$), между группами II и III разница составила 10.3% ($p < 0.05$). Отличия показателя энтропии в самой старшей группе (III) свидетельствуют о снижении регулярности и синхронности процессов регуляции микроциркуляции с возрастом. Показатель DO в данном исследовании был менее 1.4, следовательно, факторы регуляции действовали на систему в одном направлении, сама система на данный момент была не готова к переходу в другое состояние.

Показатели нелинейной динамики

Параметр	I группа, n=25	II группа, n=12	III группа, n=12
DO	1.33 ± 0.07	1.31 ± 0.04	1.32 ± 0.14
R/S	0.849 ± 0.382	0.891 ± 0.279	1.08 ± 0.54
HO	0.325 ± 0.038	0.322 ± 0.032	0.355 ± 0.032 Д _о
H1	0.040 ± 0.021	0.046 ± 0.015	0.042 ± 0.025
D2	1.389 ± 0.132	1.29 ± 0.11	1.33 ± 0.15
D2н	0.174 ± 0.094	0.169 ± 0.039	0.146 ± 0.075

Примечание: статистически значимые различия между группами (при $p < 0.05$) обозначены: Д – между группами II и III, о – между группами I и III.

Выявленные особенности микрокровотока, вызванные возрастными изменениями в функционировании микроциркуляторного русла, могут послужить основой для разработки возрастных нормативов и диагностики периферического кровотока.

ЛИТЕРАТУРА

Флейшман А.Н. Вариабельность ритма сердца и медленные колебания гемодинамики: нелинейные феномены в клинической практике. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2009. 194 с.

Burton C., Health R.A., Weller D., Sharpe M. Evidence of reduced complexity in self-report data from patients with medically unexplained symptoms // Non-linear Dynamics Psychol. Life Sci. 2010. V. 14. № 1.

Peng C.K., Costa M., Goldberger A.L. Adaptive data analysis of complex fluctuations in physiologic time series // Adv. Adapt. Data Anal. 2009. V. 1. № 1.

ОЦЕНКА КОСТНОЙ РЕГЕНЕРАЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФИБРОЗНОГО АУТОТРАНСПЛАНТАТА У КРЫСЫ

В.А. Усачев, О.С. Арташян, В.В. Котомцев

Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург
Институт иммунологии и физиологии УрО РАН, г. Екатеринбург

Из клинической практики известно, что частую переломы позвоночного столба сопровождаются разрушением тел позвонков. В подобных случаях остро стоит вопрос о подборе материала для замещения костного дефекта. С этой целью в травматологии применяются различ-

ные заменители костной ткани позвонка, которые вместе с хорошими качественными характеристиками, способствующими репарации, имеют ряд недостатков (Zimmermann, 2011; Maksimkin et al., 2017). В связи с этим поиск новых видов имплантатов и путей влияния на

репаративный остеогенез рассматривается как один из актуальных вопросов биологии и медицины.

Цель данной работы – изучение фиброзного аутооттрансплантата в репаративной регенерации костной ткани на модели хвостового позвонка крысы.

В эксперименте участвовало 17 белых беспородных крыс в возрасте 6–8 мес. Наращивание аутооттрансплантата осуществляли по методике, предложенной Н.В. Тюменцевой, на целлофановой трубке, помещенной под кожу крысам между лопатками (Тюменцева, 2006). Процесс образования трансплантата путем наращивания на трубку длился 21 день. Затем под зоветил-ксилазиновым наркозом производили разрез кожи и мышц и обнажали третий хвостовой позвонок. Разрушив межпозвонковые диски и связки, позвонок удаляли. Крысам на его место помещали выращенный под кожей аутооттрансплантат. Животных выводили из эксперимента на 90- и 120-е сут. после нанесения травмы передозировкой эфирным наркозом. Объектом дальнейшего исследования служил участок хвоста от второго до четвертого хвостовых позвонков с зоной регенерации. После фиксации и стандартной проводки (Меркулов, 1969) гистологические препараты окрашивали по Ван-Гизону. При изучении препаратов под микроскопом отмечали характер воспаления, наличие или отсутствие в зоне репарации костных или хрящевых островков, площадь которых измеряли в программе SIAMS MesoPlant. Статистическую обработку результатов проводили, используя компьютерные программы «Microsoft Excel» и «STATISTICA 8.0».

Аутооттрансплантат представляет собой рыхлую волокнистую соединительную ткань с островками грануляционной ткани и очагами воспаления с преобладанием нейтрофилов. При пересадке его на место костного дефекта он начинает выполнять функцию первичной фиброзной мозоли, которая становится матрицей для последующего окостенения.

При исследовании зоны репарации на 90-е сут. после вживления имплантата наблюдается перестройка фиброзного аутооттрансплантата в плотную неоформленную соединительную ткань, заполняющую пространство между позвонками.

На гистологических препаратах отмечаются признаки воспаления, а именно – отек тканей и гиперемия сосудов. Вблизи позвонков начинают формироваться костные ($0.98 \pm 0.64 \text{ мм}^2$) и хрящевые ($0.67 \pm 0.28 \text{ мм}^2$) мозоли, причем образование волокнистого хряща характерно для всей зоны травмы, а новых костных балок – только по периферии. В отдельных случаях разрастание костной ткани по периферии раны приводит к формированию особо крупных костных фрагментов по типу клиновидных позвонков. На 120-е сут. сохраняются признаки воспаления в зоне травмы. Зона операции по-прежнему заполнена плотной неоформленной соединительной тканью. Однако на препаратах не обнаруживаются хрящевые мозоли и наблюдается активный рост костной ткани на поверхности сохранившихся позвонков с образованием костномозговых полостей новообразованной кости ($3.09 \pm 1.34 \text{ мм}^2$).

Таким образом, фиброзный аутооттрансплантат представляет собой соединительно-тканную основу и может быть использован для регенерации костной ткани. При этом можно выделить следующую динамику изменений фиброзного аутооттрансплантата при его вживлении на место удаленного позвонка: трансплантат частично замещается хрящевой тканью с последующим окостенением, частично дифференцируется в плотную неоформленную соединительную ткань. За время проведенного исследования в опытных группах не выявлено признаков отторжения и некроза трансплантатов, что можно считать важным преимуществом перед костными аллотрансплантатами.

ЛИТЕРАТУРА

Maksimkin A.V. et al. Multilayer porous UHMWPE scaffolds for bone defects replacement // Materials Science and Engineering C. 2017. № 73. P. 366–372.

Zimmermann G., Moghaddam A. Allograft bone matrix versus synthetic bone graft substitutes // Injury. 2011. V. 42. P. S16–S21.

Меркулов Г.А. Курс патологистологической техники. Л.: Медицина, 1969. 406 с.

Тюменцева Н.В. Физиологические подходы к восстановлению локальной гемодинамики: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Екатеринбург, 2006.

ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ РИТМА СОКРАЩЕНИЙ ИЗОЛИРОВАННОГО СЕРДЦА В УСЛОВИЯХ МЕХАНИЧЕСКОГО РАСТЯЖЕНИЯ ПРАВОГО ПРЕДСЕРДИЯ

Е.Е. Харьковская, А.А. Куликова, Р.Д. Катаев, В.Э. Малков, О.В. Другова, В.А. Костин, Г.В. Осипов
Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, г. Нижний Новгород

В настоящее время активно изучается роль в работе сердца механо-электрической обратной связи, в результате которой механические изменения в миокарде приводят к изменению в нем электрических процессов (Камкин и др., 2003). В осуществлении данного механизма могут участвовать механо-чувствительные ионные

каналы, белки цитоскелета и ферменты экстрацеллюлярного матрикса (Inoue, 2009; McCain, Parker, 2011; Teng et al., 2014; Young et al., 2014).

Задача исследования – изучение влияния механического растяжения правого предсердия и зоны синусового узла, который являет-

ся водителем ритма первого порядка и оказывает влияние на характер сокращений всего сердца (Quinn, Kohl, 2012). В организме работа сердца находится под контролем регуляторных систем. В изолированном состоянии за счет специфического свойства (автоматизма) сердце также активно функционирует и способно отвечать на внешние воздействия изменением частоты и вариабельности ритма, силы сердечных сокращений и других показателей (Skrzypiec-Spring et al., 2007). Считается, что в сердце существуют собственные рефлекторные механизмы, которые также участвуют в формировании ответа на изменение внешних условий (Косицкий, 1975).

Цель исследования – оценка изменений вариабельности сердечного ритма при растяжении правого предсердия изолированного сердца крысы. Сердца наркотизированных (изофлуран) белых аутбредных крыс подвергали гравитационной ретроградной перфузии по методу Лангендорфа раствором КХ Кребса-Хензелейта (КХ, NaCl 118, KCl 4.7, CaCl₂ 2, MgSO₄ 1.2, KH₂PO₄ 1.2, NaHCO₃ 20, глюкоза 10 моль/л, pH=7.36). Механическое растяжение правого предсердия осуществлялось путем заполнения полости имплантатами из мягкого высокомолекулярного полиэтилена. После 10 мин адаптации сердца к условиям перфузии моделировали растяжение (5 мин). Электрическая активность сердца регистрировалась с помощью системы гибких мультиэлектродных матриц (MEAFlex72, Multichannel systems, Germany) для оценки частоты сердечных сокращений (ЧСС) и коэффициента вариабельности (CV%). Параметры исследования сравнивались в опытной группе относительно контроля.

Из-за истощения метаболических ресурсов сердца значение ЧСС постепенно снижалось (на 12% ± 3.4 через 10 мин перфузии), а после механического растяжения правого предсердия возросло: в половине случаев сразу после растяжения (до 33%), в других – через 1 мин после растяжения (до 10%). В нормальных условиях

перфузии сердца значение CV% редко достигает 4%, после механического растяжения увеличивалось до 70%.

Положительный хронотропный эффект и увеличение CV% могут быть вызваны уменьшением деполяризации мембраны за счет входа в кардиомиоциты или фибробласты синусового узла положительных ионов через механочувствительные ионные каналы.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ в рамках проекта «Исследование коллективной динамики смешанных сред, состоящих из элементов, обладающих качественно различным поведением и имеющих сложную топологию связей», № 17-02-00467.

ЛИТЕРАТУРА

- Камкин А.Г. Механоэлектрическая обратная связь в сердце / А.Г. Камкин, В.Н. Ярыгин, И.С. Киселева. М.: Натюрморт, 2003. 351 с.
- Teng J., Loukin S., Kung C. Mechanosensitive ion channels in cardiovascular physiology // Exp. Clin. Cardiol. 2014. Vol. 20(10). P. 6550–6560.
- Inoue R., Jian Z., Kawarabayashi Y. Mechanosensitive trp channels in cardiovascular pathophysiology // Pharmacol Ther. 2009. Vol. 123(3). P. 371–385.
- McCain M.L., Parker K.K. Mechanotransduction: the role of mechanical stress, myocyte shape, and cytoskeletal architecture on cardiac function // Pflugers. Arch. – Eur. J. Physiol. 2011. Vol. 462. P. 89–104.
- Young J.L., Kretschmer K., Ondeck M.G., Zambon A.C., Engler A.J. Mechanosensitive kinases regulate stiffness-induced cardiomyocyte maturation // Sci. Rep. 2014. Vol. 4. P. 6425.
- Quinn T.A., Kohl P. Mechano-sensitivity of cardiac pacemaker function: pathophysiological relevance, experimental implications, and conceptual integration with other mechanisms of rhythmicity // Prog. Biophys. Mol. Biol. 2012. Vol. 110(2-3). P. 257–268.
- Skrzypiec-Spring M., Grotthus B., Szlag A., Schulz R. Isolated heart perfusion according to Langendorff – still viable in the new millennium // J. Pharmacol. Toxicol. Methods. 2007. Vol. 55(2). P. 113–126.
- Косицкий Г.И. Аfferентные системы сердца. М.: Медицина, 1975. 207 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕЛЯ ИЗ ПЕКТИНОВ КАЛЛУСНОЙ ТКАНИ СТЕБЛЯ БОРЩЕВИКА СОСНОВСКОГО (*HERACLEUM SOSNOWSKY*) В КАЧЕСТВЕ МАТРИЦЫ ДЛЯ ПЕРОРАЛЬНОЙ ДОСТАВКИ ЛЕКАРСТВ

З.Р. Хасаншина, М.В. Волкова, С.А. Обжорина, А.А. Злобин, П.А. Марков

Вятский государственный университет, г. Киров

Центр превосходства «Фармацевтическая биотехнология», г. Киров

Способность пектиновых полисахаридов образовывать гели позволяет использовать их в качестве матриц-носителей лекарственных препаратов. Однако физико-химические свойства пектинов, полученных из нативных растений, зависят от условий произрастания. Для решения данной проблемы используют пектины, полученные биотехнологическим путем.

Цель исследования – выявить возможность применения гелевых гранул, полученных из

пектинов каллуса стебля борщевика Сосновского (*Heracleum sosnowsky*), в качестве систем пероральной доставки.

Для эксперимента взяты пектин яблочный AU701 (Herbstreith & Fox, Germany) и пектин, выделенный из каллусной культуры стебля борщевика Сосновского. Культивирование проводили на питательной среде Мурасиге-Скуга с добавлением витаминов по прописи Стаба. Для выделения фракции пектинов исполь-

Характеристика пектина из каллуса стебля борщевика Сосновского

Фракция	Выход, %*	MeO, %	Содержание, %						
			UA	Ara	Gal	Man	Glc	Rha	Белок
HSc	1.03	2.7	52.70	7.94	5.18	0.35	0.97	2.11	21.67

* В пересчете на сухое вещество каллусной ткани.

зовали экстракцию оксалатом аммония при 68 °С. Содержание гликуроновых кислот и метоксильных групп определяли спектрофотометрическим методом (UVmini-1240, Shimadzu, Japan), белка – по методу Лоури, качественный и количественный моносахаридный составы – с помощью газо-жидкостной хромато-масс-спектрометрии (Agilent 6890/5973, Agilent Technologies, USA). Гелевые гранулы изготавливали методом ионотропного желирования, используя 4%-ный водный раствор пектина и 1 М раствор хлорида кальция. Часть гранул загружали месалазином, для этого в раствор пектина добавляли месалазин в соотношении 1:1. Для оценки высвобождения месалазина проводили инкубирование гранул в растворах, имитирующих среду ЖКТ. Содержание месалазина определяли с помощью жидкостной хромато-масс-спектрометрии (LCMS-8040, Shimadzu, Japan).

Установлен состав пектиновых полисахаридов каллусной ткани стебля борщевика Сосновского (см. таблицу). Выявлено, что влаго-

емкость HSc гелевых гранул составляет около 80%. После инкубации HSc гелевых гранул в среде, имитирующей состав физиологических жидкостей желудка (Simulated Gastric Fluid SGF), они сохраняют форму, при этом их масса увеличивается в три раза, а площадь – в семь. Установлено, что HSc гранулы после инкубации в SGF удерживают более 30% лекарственного препарата. При последующей инкубации в среде, имитирующей среду 12-перстной кишки (Simulated Intestinal Fluid SIF), более 90% HSc гранул разрушаются. Оставшиеся HSc гранулы сохраняют сферическую форму, набухают незначительно: их площадь увеличивается в 1.4 раза. Гранулы, полученные из коммерческого яблочного пектина, разрушаются на стадии инкубации в SGF.

Таким образом, гранулы, полученные из пектина каллуса стебля борщевика Сосновского, обладают биофункциональными качествами, позволяющими использовать их в качестве компонентов систем пероральной доставки лекарств и биологически активных соединений.

КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ СПОРТСМЕНОВ

А.А. Чалышева^{1,2}, Т.П. Логинова²

¹ Сыктывкарский государственный университет им. Питирима Сорокина, г. Сыктывкар

² Институт физиологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар

В настоящее время грамотная и адекватная подготовка высококвалифицированных спортсменов требует четко организованной системы врачебного контроля. Все возрастающие объемы и интенсивность тренировочных нагрузок, которые необходимы для максимального повышения общей и специальной работоспособности, требуют тщательного учета функционального состояния организма спортсмена в каждый момент тренировочного процесса (Казин и др., 2001; Агаджанян и др., 2006; Kalda et al., 2004). Таким образом, выявляется необходимость в комплексной оценке состояния спортсменов на всех этапах тренировочно-соревновательного цикла.

Однако при оценке и интерпретации показателей, характеризующих общее функциональное состояние организма спортсменов, возникают определенные проблемы, связанные со спецификой условий деятельности, особыми физиологическими и психологическими перестройками организма в адаптивном процессе и неразработанностью комплексного методического подхода (Мельник, 2009; Ильин, 2012; Liu et al., 2007).

С учетом пакетов имеющихся методик можно выделить три основных блока тестов: физиологические методы (эргоспирометрические показатели и функция внешнего дыхания), психологические методы (опросник Стреляу, методика САН, опросник для оценки тревожности Спилберга-Ханина, цветовой тест Люшера, «Стресс-восстановление в спорте») и психофизиологические методы (простая зрительно-моторная реакция, критическая частота слияния световых мельканий, «Теппинг-тести», «Индивидуальная минута»). Для примера работы комплексного подхода на практике мы представляем данные обследования с одновременной регистрацией показателей физиологического состояния спортсменов, получаемых при помощи аппаратного комплекса Оксикон Про и характеристик уровня их стресса-восстановления, полученных в тесте RESTQ-Sport. Обследовано 65 спортсменов (39 мужчин и 26 женщин), средний возраст которых составил 19.6±4.9 лет. Обследование проводилось в соревновательный (февраль) и подготовительный (сентябрь-октябрь) периоды. В подготовительный период показатели спортивного стресса и

восстановления в среднем по группе составили 1.6 ± 0.8 и 3.7 ± 1.0 баллов, в соревновательный – 1.6 ± 0.6 и 3.9 ± 0.9 баллов соответственно. Показатели частоты сердечных сокращений, частоты дыхания, минутного объема дыхания и потребления кислорода в подготовительный период в покое составили 65.5 ± 10.1 уд./мин, 16.4 ± 3.7 мин⁻¹, 10.4 ± 2.4 л/мин и 322.6 ± 70.5 мл/мин/кг, в соревновательный – соответственно 64.6 ± 10.2 уд./мин, 16.1 ± 4.0 мин⁻¹, 9.0 ± 1.5 л/мин и 306.3 ± 4.0 мл/мин/кг. Физиологические показатели оценивались также после увеличения нагрузки и во время восстановления. При достижении порога анаэробного обмена в подготовительном периоде значения увеличивались до 163.9 ± 22.0 уд./мин, 37.7 ± 8.7 мин⁻¹, 93.0 ± 31.6 л/мин и 3269.3 ± 863.7 мл/мин/кг, в соревновательном – до 173.2 ± 10.5 уд./мин, 37.9 ± 7.7 мин⁻¹, 87.0 ± 23.4 л/мин и 3191.7 ± 835.9 мл/мин/кг. При максимальной индивидуальной нагрузке показатели составили в подготовительный период 175.8 ± 23.6 уд./мин, 47.5 ± 10.9 мин⁻¹, 122.6 ± 40.4 л/мин и 3474.1 ± 915.7 мл/мин/кг, в соревновательный – 181.1 ± 12.2 уд./мин, 47.4 ± 12.7 мин⁻¹, 106.9 ± 26.2 л/мин и 3347.3 ± 830.7 мл/мин/кг. На 5-й мин восстановления значения составили в подготовительный период 97.0 ± 15.2 уд./мин, 25.6 ± 5.3 мин⁻¹, 27.4 ± 9.5 л/мин и 672.0 ± 202.3 мл/мин/кг, в со-

резовательный – 97.0 ± 13.2 уд./мин, 25.1 ± 5.1 мин⁻¹, 22.9 ± 2.6 л/мин и 616.8 ± 108.1 мл/мин/кг.

Таким образом, разработка и дальнейшее использование единого валидного комплекса методик для мониторинга функционального состояния спортсменов позволят на выходе получить наиболее полное представление о его состоянии, самочувствии, готовности к соревнованиям и вероятных будущих результатах.

ЛИТЕРАТУРА

- Агаджанян Н.А. Проблемы адаптации и учение о здоровье / Н.А. Агаджанян, Р.М. Баевский, А.П. Берсенева. М.: Изд-во РУНД, 2006. 284 с.
- Ильин Е.П. Психология спорта. СПб.: Питер, 2012. 352 с.
- Казин Э.М. Комплексный подход к оценке функциональных состояний человека / Э.М. Казин, Е.Н. Анисова, А.Р. Галеев // Физиология человека. 2001. Т. 27. № 2. С. 112–121.
- Мельник Е.В. Актуальные проблемы психологической подготовки спортсменов // Спортивный психолог. 2009. № 1(16). С. 51–54.
- Kalda J. etn al. Relationships between recovery-stress state and performance in sprinters and jumpers // Percept Mot Skills. 2004. V. 99(1). P. 12–16.
- Liu J.Z., Lewandowski B., Karakasis C., Yao B., Siemionow V., Sahgal V., Yue G.H. Shifting of activation center in the brain during muscle fatigue: an explanation of minimal central fatigue? // Neuroimage. 2007. Vol. 35. № 1. P. 299–307.

ДИНАМИКА СОСТАВА ПЕКТИНОВЫХ ПОЛИСАХАРИДОВ ЯБЛОК В ПРОЦЕССЕ ХРАНЕНИЯ

С.М. Шаньгина

Институт физиологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар

Избыточный вес тела и ожирение являются факторами риска серьезных заболеваний (ВОЗ, 2005). Выявлено, что увеличение употребления растительных пищевых волокон (ПВ) приводит к уменьшению веса тела. ПВ – это прежде всего некрахмальные полисахариды растений (Кодекс..., 2009; Charde et al., 2012). Общедоступным источником ПВ являются яблоки. Известно, что в яблоках ПВ представлены целлюлозой, гемицеллюлозами и пектиновыми веществами (Charde et al., 2012). Пектины подразделяются на водорастворимые (гидропектин) и нерастворимые (протопектин) полисахариды. Ранее показано, что пектин яблок содержит участки гомогалактуронана, рамногалактуронана I (RG I) и ксилогалактуронана (Овдов, 2009).

Пектины входят в состав клеточной стенки растений, и в процессе развития плода (рост, созревание, досозревание и стадия покоя) количество, строение, свойства пектиновых полисахаридов изменяются (Горшкова, 2007; Michael et al., 1973; Pen et al., 2004). В процессе созревания яблок протопектин переходит в гидропектин, изменяется моносакхаридный состав клеточных стенок (Michael et al., 1973). Изме-

нения, происходящие с пектиновыми полисахаридами в процессе длительного хранения яблок (до 240 дней), изучены слабо. Известно, что на первом этапе хранения яблоки зимних сортов содержат до 16% пектиновых полисахаридов, соотношение гидропектина к протопектину составляет 3:1 (Дрофичева, 2012; Oechslin et al., 2003). В процессе хранения яблок содержание остатков арабинозы, галактозы, ксилозы в клеточных стенках плодов уменьшается (Pen et al., 2004).

Цель работы – изучение динамики состава пектиновых полисахаридов на втором этапе хранения яблок. Для исследования выбраны яблоки зимних сортов (срок хранения 7–8 мес.) *Grenny Smith* (GS) и *Golden Delicious* (GD), приобретенные в середине (февраль 2017 г.) и конце (июнь 2017 г.) периода хранения в местном супермаркете г. Сыктывкара.

Для анализа полисахаридного состава яблок проведена исчерпывающая последовательная экстракция плодов водой, позволяющая выделить гидропектин; растворами HCl (pH 1.5) и 0.7%-ным C₂H₈N₂O₄ – для выделения протопектина; 0.5%-ными растворами Na₂CO₃ и NaOH – для выделения пектиновых полисахаридов и

гемицеллюлоз, связанных щелочно-лабильными эфирными связями с полимерами клеточной стенки. Выявлено, что независимо от сорта главным компонентом пектиновых полисахаридов яблок является гидропектин. Исследованные яблоки зимней выборки отличаются более высоким содержанием гидропектина (GS 5.6%; GD 3.4%), чем протопектина (GS 0.5%; GD 0.6%), яблоки летней выборки – равным содержанием гидропектина (GS 2.6%; GD 2.7%) и протопектина (GS 2.3%; GD 2.2%). Таким образом, в процессе длительного хранения яблок сортов GS и GD общее содержание пектиновых полисахаридов сохраняется на одном уровне, изменяется соотношение водорастворимых и нерастворимых пектиновых полисахаридов: содержание гидропектина уменьшается на 1–3%, протопектина – увеличивается в два раза.

В исследуемых яблоках независимо от сорта в процессе хранения происходит изменение молекулярно-массового распределения пектиновых полисахаридов. Гидропектин (Mw, GS – 842 кДа; GD – 791 кДа) и протопектин (было 500–600 кДа) характеризуются высокими значениями средневесовой молекулярной массы. Mw гидропектина практически не изменяется в процессе хранения, протопектина – увеличивается на 300–400 кДа. В процессе хранения яблок степень полидисперсности гидропектина практически не изменяется (GS – 7.0, GD – 5.1), протопектина – резко увеличивается (GS: от 8.5 до 18.5; GD: 10.6 до 20.5). Таким образом, в процессе хранения яблок в протопектине повышается доля полисахаридов с высокой молекулярной массой.

Длительное хранение яблок не оказывает влияния на степень метилэтерификации (60–80%) и содержание остатков галактуроновой кислоты (~65%) в пектиновых полисахаридах. Гидропектин/протопектин яблок исследуемых сортов характеризуются невысоким суммарным содержанием остатков нейтральных моносахаридов (зимняя выборка: GS 14.8/6.4% и GD 16.4/8.4%; летняя выборка: GS 11.3/20.1% и GD 19.4/24.1% соответственно). Доминирующими являются остатки арабинозы (GS 7.4–

9.4/0.3–10.0%, GD 9.3–10/3.3–9.1%), галактозы (GS 1.4–2.0/3.0–4.1%, GD 2.4–5.1/2.2–10.3%), ксилозы (GS 1.4–2.5/2.1–4.9% и GD 0.8–3.2/1.9–2.2%) соответственно. Выявлено, что в процессе хранения независимо от сорта яблок остатки ксилозы, как в протопектине (GS 2.1–3.9%; GD 1.9–2.2%), практически не изменяются.

Установлено, что в процессе хранения яблок GS и GD в протопектине происходит увеличение суммарного содержания остатков нейтральных моносахаридов в два раза. Происходит это, главным образом, за счет увеличения содержания остатков арабинозы. Кроме того, в протопектине яблок GD сильно увеличивается содержание остатков галактозы. Остатки арабинозы и галактозы являются главными моносахаридными остатками, образующими боковые углеводные цепи RG I, разветвленной области макромолекулы пектина. Поэтому увеличение их содержания указывает на рост боковых углеводных цепей RG I, входящих в состав углеводных цепей протопектинов яблок. Кроме того, происходит рост содержания остатков рамнозы, входящих в состав главной цепи RG I, к которым присоединяются боковые углеводные цепи. Об этом свидетельствует увеличение соотношения остатков рамнозы к остаткам галактуроновой кислоты в исследуемых полисахаридах в процессе хранения яблок.

ЛИТЕРАТУРА

- ВОЗ, 2005.
 Кодекс Комитета по питанию и пищевым продуктам специального назначения диетических продуктов, 2009.
 Charde M. et al. International Journal of Pharmacological Research. 2012)ю V. 2. P. 40–55.
 Оводов Ю.С. Биорганическая химия. 2009. № 35 (3). С. 293–310.
 Горшкова Т.А. М., 2007. 426 с.
 Pen M.J et al. Plant Physiology. 2004. V. 135. P. 1305–1313.
 Michael K. et al. Phytochemistry. 1973. V. 12. P. 1543–1549.
 Oechslein R. et. al. Carbohydrate Polymers. 2003. V. 51. P. 301–310.
 Дрофичева Н.В. Известия вузов. Пищевая технология. 2012. № 4. С. 39–41.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВКЛАДА НАТРИЕВЫХ ТОКОВ В ГЕНЕРАЦИЮ ПОТЕНЦИАЛОВ ДЕЙСТВИЯ СИНОАТРИАЛЬНОГО УЗЛА СЕРДЦА КРОЛИКА

Д.В. Шмарко^{1,2}, Е.А. Лебедева³, А.Д. Хохлова^{1,2}

¹ Уральский федеральный университет им. Первого президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург

² Институт иммунологии и физиологии УрО РАН, г. Екатеринбург

³ Институт физиологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар

Известно, что у клеток со скоростью фазы быстрой деполяризации потенциалов действия ($dV/dt_{\text{макс}}$) < 20 В/с существенный вклад в формирование генерации ПД вносит быстрый входящий натриевый ток (Kodama et al., 1997),

в то время как данные о роли натриевого тока в формировании фазы 0 в клетках, работающих в режиме истинного водителя ритма с $dV/dt_{\text{макс}} \leq 7$ В/с, до сих пор остаются скудными и противоречивыми (Головкин, 2009).

Цель данной работы – анализ роли натриевого тока в формировании ПД клеток САУ сердца методами математического моделирования.

Для анализа было выбрано несколько математических моделей с различными механизмами генерации ПД в клетках САУ кролика, работающих в режиме истинного водителя ритма: модель Zhang (Zhang et al., 2000), не учитывающая внутриклеточную динамику ионов Ca^{2+} , модели Алиева (Алиев, Чайлахян, 2005) и Demir (Demir et al., 1994), учитывающие внутриклеточную динамику ионов Ca^{2+} , и модель «кальциевых часов» Мальцева и Лакатта (Maltsev, Lakatta, 2009), в которой Ca^{2+} -высвобождающая система может работать в автоколебательном режиме даже автономно от динамики мембраны как самоподдерживающийся устойчивый осциллятор. Важно отметить, что модель (Алиев, Чайлахян, 2005) учитывает компоненту быстрого натриевого тока (I_{Na}), в то время как в остальных анализируемых моделях натриевый ток задан как медленный ток (I_{bNa}), повторяющий форму ПД. Каждая из моделей представляют собой систему обыкновенных дифференциальных уравнений с заданными начальными условиями.

Для моделирования ингибирования натриевого тока в каждой исследуемой модели максимальная проводимость натриевых каналов была уменьшена на 25, 50, 75 и 100%. Для сравнения результатов моделирования с экспериментальными данными были использованы сведения о влиянии блокатора натриевых каналов лидокаина (500 и 1000 мкМ) на ПД клеток САУ (Лебедева, 2013).

При снижении максимальной проводимости натриевых каналов на 25% во всех анализируемых математических моделях увеличился период колебаний с первого сердечного цикла: на 3.1% – в модели Zhang, на 7.0% – в модели Алиева, на 6.8% – в модели Demir и на 7.8% – в модели Maltsev, что качественно соотносится с экспериментальными данными. Увеличение периода колебаний в эксперименте при аппликации лидокаина (500 мкМ) составило 17.8%. При уменьшении максимальной проводимости Na^+ -каналов на 25% $dV/dt_{\text{макс}}$ на первом сер-

дечном цикле замедлялась на 9.5% в модели Zhang, на 12.1% – в модели Алиева, на 0.3% – в модели Demir и на 1.5% – в модели Maltsev. В эксперименте при аппликации лидокаина (500 мкМ) $dV/dt_{\text{макс}}$ замедлялась на 56.5%.

При дальнейшем ингибировании натриевого тока лидокаином (1000 мкМ) в физиологических экспериментах зарегистрирован блок генерации ПД. В моделях Zhang и Алиева не удалось воспроизвести данный феномен. В модели Demir при уменьшении максимальной проводимости натриевых каналов на 74% происходит подавление генерации ПД в течение 1 сек. с последующим восстановлением ритма. Модель Maltsev оказалась единственной воспроизводящей экспериментальный факт прекращения генерации ПД при уменьшении максимальной проводимости натриевых каналов на 40%. Анализ модели показал, что ингибирование натриевого тока опосредованно замедляет активацию Ca^{2+} -тока L-типа, что вызывает нарушение сердечного ритма и прекращение генерации ПД.

Наши исследования показывают, что натриевый ток вносит вклад в автоматическую генерацию ПД в клетках САУ, оказывая влияние на $dV/dt_{\text{макс}}$ прямым (как в модели Demir) или опосредованным образом (обеспечивая активацию кальциевого тока L-типа, как в модели Maltsev).

Исследования проводились по теме № АААА-А18-118020590031-8 и № ГР АААА-А17-117012310152-2.

ЛИТЕРАТУРА

- Kodama I. et al. // Am. J. Physiol. 1997. 272.
 Головкин В.А. // Росс. физиол. ж. им. И.М. Сеченова. 2009. 95.
 Maltsev V.A., Lakatta E. G. // Am. J. Physiol. Heart. Circ. Physiol. 2009. 296.
 Zhang H. et al. // Am. J. Physiol. Heart. Circ. Physiol. 2000. 279.
 Алиев Р.Р., Чайлахян Л.М. // Доклад РАН. 2005. 402.
 Demir S.S. et al. // The American Physiological Society. 1994. 266.
 Лебедева Е.А. // Известия Коми НЦ УрО РАН. 2013. 3(15).

МЕДИЦИНА И ЗДРАВООХРАНЕНИЕ

ИССЛЕДОВАНИЕ ОТНОШЕНИЯ РОДИТЕЛЕЙ ГОРОДА СЫКТЫВКАРА К ВАКЦИНОПРОФИЛАКТИКЕ ИНФЕКЦИОННЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ

Е. Безуглая

Лицей народной дипломатии, г. Сыктывкар

В Государственном докладе «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения Российской Федерации по Республике Коми в 2015 году» говорится о достижениях специалистов Управления Роспотребнадзора по Республике Коми и общелечебной сети по организации и проведению иммунизации населения республики в области вакцинопрофилактики таких инфекционных заболеваний, как полиомиелит, дифтерия, эпидпаротит. Эти заболевания уже много лет не встречаются на территории республики. В то же время отмечается озабоченность тенденцией к снижению показателей привитости населения. Наиболее проблемными моментами в организации иммунопрофилактики населения являются отказы от профилактических прививок. Так, по итогам 2015 г. не привитых от полиомиелита зарегистрировано 1262 ребенка до 15 лет, в том числе по причине отказов родителей 823 ребенка (65%) и по причине медицинских отводов 439 детей (35%) (Государственный доклад..., 2016).

Актуальной проблемой для нашего региона остаются природно-очаговые инфекции, грипп и внебольничные пневмонии, наиболее эффективным способом профилактики которых остается вакцинация. Однако в последнее время все больше родителей сомневаются в проведении вакцинации своих детей в соответствии с национальным календарем профилактических прививок и как следствие отказываются от нее. Причины отказов остаются пока малоизученными.

Цель работы – установить причины тенденции к снижению вакцинопрофилактики инфекционных заболеваний детей г. Сыктывкара.

Задачи: провести анкетирование среди населения г. Сыктывкара, установить факторы, связанные с отказом от профилактических прививок, проанализировать причины медицинских отводов от вакцинации, разработать предложения для организации работы с родителями и врачами.

Гипотеза: в проведении вакцинопрофилактики детям существенная роль принадлежит врачу, причем опасения родителей в отношении угрозы поствакцинальных осложнений у детей не обоснованы и в большинстве своем связаны с низкой компетентностью в этом вопросе.

В анкетировании по вопросу вакцинопрофилактики приняли участие 105 родителей пациентов ГУ «РДКБ» (Республиканская детская клиническая больница), ГБУЗ РК «РИБ» (Республиканская инфекционная больница) и ГБУЗ РК «СДП № 2» (Сыктывкарская детская поликлиника № 2).

По результатам опроса выявлено, что 57% родителей прививают своих детей, согласно национальному календарю прививок, 37% отказываются от некоторых из них, 6% респондентов не прививают своих детей. Половина опрошенных родителей сомневается в необходимости вакцинации. Столько же прививают своих детей, согласно требованиям для поступления в детский сад. При этом большинство родителей, а именно 92%, считает, что вакцинация необходима для предупреждения опасных заболеваний. Треть опрошенных (33%) уверена, что дети получают больше прививок, чем это необходимо. Меньше всего родители заинтересованы в защите от гриппа.

Так как врачи ограничены во времени, для популяризации информации необходимо наладить более эффективную работу с родителями по соблюдению национального календаря прививок. Также по результатам работы был создан проект буклета по вакцинопрофилактике для распространения их в поликлиниках и перинатальных центрах. Таким образом, гипотеза о проведении вакцинопрофилактики детям подтвердилась.

ЛИТЕРАТУРА

Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия в Российской Федерации по Республике Коми в 2015 году» // Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Республике Коми. Сыктывкар, 2016.

АНАЛИЗ ДИАГНОСТИЧЕСКОЙ ТАКТИКИ ПРИ ВЕДЕНИИ ПАЦИЕНТОВ
С ТРОМБОЭМБОЛИЕЙ ЛЕГОЧНОЙ АРТЕРИИ В КЛИНИЧЕСКОЙ ПРАКТИКЕ

А.В. Березюк, Т.А. Лукашева, Г.С. Чаплыгина

Сыктывкарский государственный университет им. Питирима Сорокина, г. Сыктывкар

Тромбоэмболия легочной артерии (ТЭЛА) остается одной из серьезных и сложных диагностических проблем современной кардиологии с высокими показателями летальности. Симптомы ТЭЛА неспецифичны, поэтому выполнение рекомендуемого диагностического алгоритма позволяет минимизировать диагностические ошибки и оптимально использовать медицинские ресурсы [1]. В практическом здравоохранении нередко складывается ситуация, когда выполнение оптимального диагностического алгоритма невозможно из-за отсутствия необходимого оборудования, расходных материалов, лабораторных тестов, необходимых специалистов и т.д. Поэтому оценка, насколько выполнен современным алгоритм диагностики ТЭЛА в региональном кардиологическом стационаре, будет актуальной.

Цель работы – проанализировать качество диагностического процесса при ТЭЛА в соответствии с современными клиническими рекомендациями в условиях реальной клинической практики в ГУ РК «Кардиологический диспансер», сравнить результаты с данными европейского регистра PREFER по оценке ведения острого венозного тромбоэмболизма в клинической практике (Cohen et al., 2017).

Проведен ретроспективный анализ историй болезни пациентов с диагнозом ТЭЛА за трехлетний период (2014–2016 гг.), госпитализированных в ГУ РК «Кардиологический диспансер». Для пациентов с ТЭЛА в диспансере в 2014 г. было создано профильное отделение. Всего в анализ включено 185 пациентов с ТЭЛА, средний возраст составил 54.6 года. Соотношение мужчин и женщин – по 50%. ТЭЛА высокого риска наблюдалась у 20% пациентов, промежуточного – у 51% и низкого риска – у 29%. Для выполнения диагностического алгоритма пациентам проводились эхокардиография (ЭхоКГ), мультиспиральная компьютерная томография грудной клетки с контрастированием (МС КТ), компрессионная ультрасонография вен конечностей, оценка уровня Д-димера.

В группе пациентов с ТЭЛА и нарушением гемодинамики (ТЭЛА высокого риска) диагноз ТЭЛА подтверждался при проведении экстренной ЭхоКГ при выявлении дисфункции правого желудочка. В группе пациентов с ТЭЛА и

стабильной гемодинамикой (80% пациентов с ТЭЛА) диагноз подтверждался при проведении МС КТ. В этой группе только 28% имели исходную высокую диагностическую вероятность ТЭЛА по Женевской шкале или шкале Уэллса, таким пациентам по диагностическому алгоритму МС КТ проводится без предварительного анализа уровня Д-димера. 76% пациентов со стабильной гемодинамикой, у которых в дальнейшем подтвердилась ТЭЛА, имели низкую или среднюю вероятность ТЭЛА по шкалам. Таким пациентам требуется предварительный анализ уровня Д-димера, и при выявлении высокого уровня Д-димера проводится МС КТ. В этой группе предварительный анализ уровня Д-димера был сделан только в 48% случаев из-за периодического отсутствия реактивов.

У 151 (88%) пациента с ТЭЛА были выявлены инструментальные признаки тромбоза глубоких вен (ТГВ). У 55 пациентов (36% от пациентов с ТГВ) отсутствовали какие-либо клинические признаки ТГВ. У 34 больных (18% от всех пациентов) ТЭЛА произошла при отсутствии инструментальных признаков ТГВ. По данным других авторов, ТЭЛА без инструментальных признаков ТГВ может встречаться в 70% случаев (Konstantinides et al., 2014).

В условиях регионального кардиологического стационара внедрение МС КТ ангиопульмонографии позволило использовать современные алгоритмы диагностики ТЭЛА. В группе пациентов с ТЭЛА и стабильной гемодинамикой при невысокой клинической вероятности ТЭЛА имеет место недостаточное использование уровня Д-димера перед проведением МС КТ ангиопульмонографии.

ЛИТЕРАТУРА

Konstantinides S.V., Torbicki A., Agnelli G. et al. ESC Guidelines on the diagnosis and management of acute pulmonary embolism: The Task Force for the Diagnosis and Management of Acute Pulmonary Embolism of the European Society of Cardiology // Eur. Heart. J. 2014. V. 34. P. 3033–3073.

Cohen A.T., Anselm K.G., Bauersachs R. et al. The management of acute venous thromboembolism in clinical practice. Results from the European PREFER in VTE Registry // Tromb/ Haemost/ 2017. V. 117. P. 1326–1337.

АНАЛИЗ ВАКЦИНОПРОФИЛАКТИКИ И ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ ГРИППОМ
В УСТЬ-ВЫМСКОМ РАЙОНЕ РЕСПУБЛИКИ КОМИ

А.С. Гируть

Средняя общеобразовательная школа, с. Айкино

Каждый год перед нами встает вопрос: «Делать или не делать прививку от гриппа?». Наша работа поможет развеять сомнения по некоторым спорным вопросам значимости вакцинации от гриппа для населения. Во время выбора темы исследования появилось желание выяснить, насколько эффективны прививки от гриппа, а также убедить население села и района в преимуществе вакцинации. Поэтому вопрос «Надо ли делать прививки от гриппа?» очень актуален.

Цель исследования – выяснить, как прививка от гриппа влияет на уровень заболеваемости.

Задачи: 1) Выявить особенности вируса гриппа, его отличия от ОРВИ, способы заражения, продолжительности жизни, профилактику заболеваний от гриппа и роли вакцины в предупреждении эпидемий. 2) Проанализировать данные по числу привитых и уровню заболеваемости гриппом среди учащихся МБОУ «СОШ» с. Айкино и Усть-Вымского р-на за 2016–2017 гг. 3) Разработать рекомендации, памятки по повышению противоинфекционного иммунитета для учеников и родителей, воспитание культуры здоровья в связи с недостаточной наглядной агитацией по профилактике опасного заболевания и пользе вакцинации.

Новизна работы заключается в том, что впервые представлены данные по количеству заболевших гриппом в сравнении с вакцинацией населения в районе и школе. Исследования проводятся с 2016 г. по настоящее время. Материалом для работы послужили сведения по простудным заболеваниям и количеству привитых от гриппа филиала ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в РК в Усть-Вымском районе», статистического отдела Усть-Вымской ЦРБ и 63 анкеты старшеклассников МБОУ «СОШ» с. Айкино. В процессе использовалась научно-популярная и научная литература по биологии (Воробьев, 2000), статьи из СМИ (Щербинина, 2016) по способам заражения, профилактике с заболеваниями, вызываемыми вирусами гриппа, интервью и отчеты по количеству заболевших простудными заболеваниями школьной медсестры В.Б. Пигулиной, медсестры ДОУ № 1 Е.А. Парневой и районного педиатра ЦРБ В.А. Исаковой. Широко использовался метод сопоставления, исследования различных точек зрения на способы заражения и распространение гриппа и ОРВИ. Для обработки данных применяли информационный и статистический методы. Также составлена библиография по теме.

В 2015 г. вакцинами от вирусов гриппа H1N1, H3N2 и гриппа В привито 31% населения Республики Коми. К концу октября 2017 г. в РК завершилась прививочная кампания против гриппа. По состоянию на 5 ноября 2017 г. привито 351 411 чел., из них детей – 100 800, что составляет 41.3% населения. Основная доля прививок осуществляется вакциной против гриппа, приобретенной за счет средств федерального бюджета. В Усть-Вымском р-не на 26.10.2017 г. привитость населения составила 41.5%, чуть выше республиканского уровня, такой же показатель был и в 2016 г. (42%) (С инфекциями..., 2017). План по вакцинации в районе выполнен на 100%. Это очень хороший результат, так как прививками от гриппа охвачены все группы риска. Для увеличения процента охвата прививками от опасного заболевания журналист республиканской газеты «Республика» А. Потехина предлагает афишировать вакцинацию чиновников РК (Потехина, 2016).

Для вакцинации населения РК в прививочную кампанию 2017 г., в основном, применяется отечественная противогриппозная вакцина «Совигрипп» для взрослых и детей, включающая в себя три рекомендованных ВОЗ штамма гриппа. С 30 октября по 5 ноября 2017 г. за медицинской помощью с симптомами ОРВИ обратилось 6747 чел., в том числе детей – 5038, случаев гриппа не зарегистрировано. Среди заболевших 74.7% составляют дети в возрасте до 14 лет, 25.3% – взрослое население.

В результате исследований пришли к выводам: подтверждено, что грипп – очень опасное вирусное заболевание, которое может вызвать масштабные эпидемии во всем мире, особенность и коварность гриппа в его изменчивости, он может вызвать серьезные осложнения и даже привести к летальному исходу, основной способ заражения – воздушно-капельный. Установлена высокая эффективность вакцинации в МБОУ «СОШ» с. Айкино. Прививка от гриппа значительно способна защитить от осложнений в случае заражения; за два последних года из 11 645 больных ОРВИ было 130 заболевших гриппом, из них прошли вакцинацию всего четыре человека, что показывает надежную защиту от опасного заболевания; проведение профилактических мероприятий и дополнительный карантин значительно снижают уровень заболеваемости гриппом.

По результатам анкетирования старшеклассников и исследовательской деятельности разработаны классный час для учащихся «Иммунитет против гриппа», беседа для взрослых

«Нужна ли прививка от гриппа?», памятка для населения «Вакцинация против гриппа», а также в школе проведен конкурс санитарных бюллетеней по профилактике гриппа и ОРВИ (декабрь 2017 г.).

ЛИТЕРАТУРА

Воробьев К.В. Грипп: профилактика и лечение. СПб., 2000. 157 с.

Потехина А. Брать пример с Екатерины Второй. // Республика. Сыктывкар, 2016. С. 6.

С инфекциями нужно бороться // Вперед. Ай-кино, 2017. С. 9.

Щербинина М. Сергей Казаковцев: «Коварство гриппа – в осложнениях» // Республика. Сыктывкар, 2016. С. 5.

ОСОБЕННОСТИ ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАММЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВАРИАНТА ГИПЕРТРОФИЧЕСКОЙ КАРДИОМИОПАТИИ

А.С. Головинская, А.В. Головинский
Кардиологический диспансер, г. Сыктывкар

Гипертрофическая кардиомиопатия (ГКМП) является самым распространенным вариантом кардиомиопатий, встречается с частотой около 20 случаев на 10 тыс. населения и служит основной причиной внезапной сердечной смерти в молодом возрасте. Ежегодная смертность больных ГКМП колеблется в пределах от 1 до 6% (Беленков и др., 2011; Elliott et al., 2014).

У большинства пациентов с ГКМП имеются изменения на ЭКГ, часто неспецифичные, в связи с этим важной задачей является правильная интерпретация изменений на ЭКГ для своевременного направления пациента на эхокардиографическое исследование.

Цель работы – выявить частоту изменений ЭКГ и особенности ЭКГ у пациентов с ГКМП и проанализировать различия ЭКГ признаков в зависимости от варианта ГКМП.

Проведен анализ историй болезни 132 пациентов с диагнозом ГКМП, находившихся на обследовании и лечении в ГУ РК «Кардиодиспансер» за 2005–2014 гг. Из анализа было исключено 32 истории болезней пациентов с ГКМП и сопутствующим диагнозом тяжелой артериальной гипертензии. Таким образом, исследуемую группу составили 100 пациентов: 54 мужчины (54%) и 46 женщин (46%), средний возраст – 48.1 ± 10.4 года.

Анализировались следующие критерии ЭКГ: амплитудные признаки гипертрофии ЛЖ (Корнельский индекс, индекс Соколова-Лайона), глубокие отрицательные зубцы Т, псевдоинфарктные зубцы Q, комплексы QS, нарушение процессов реполяризации в виде косонисходящей депрессии сегмента ST и инверсии зубца Т, АВ блокада I–II степени, полная блокада левой ножки пучка Гиса (ПБЛНПГ), неполная блокада левой ножки пучка Гиса (НБЛНПГ), блокада передней ветви левой ножки пучка Гиса (БПВЛНПГ).

Количественные данные представлены в виде среднего и стандартного отклонения ($M \pm \delta$),

при оценке различий по качественным признакам в двух группах использовался критерий χ^2 , при значении $p < 0.05$ различия считались значимыми.

Пациенты с ГКМП были разделены по варианту гипертрофии левого желудочка: асимметричный, симметричный, апикальный. Асимметричный вариант выявлен у 72% пациентов, симметричный – у 22, апикальный – у 6%.

Пациенты с ГКМП в 91% случаев имели изменения ЭКГ: нарушения процессов реполяризации – 64%, псевдоинфарктные зубцы Q – 32, комплексы QS – 9, АВ блокады I–II степени – 2, БЛНПГ – 2, НБЛНПГ – 2, БПВЛНПГ – 5%. Амплитудные критерии гипертрофии ЛЖ встречались у 67% больных ГКМП. При этом ЭКГ признаки с не зависели от асимметричного или симметричного варианта ГКМП ($p > 0.05$). В четырех случаях из шести при апикальном варианте ГКМП имелись характерные глубокие отрицательные зубцы Т. Только 9% пациентов с установленным диагнозом ГКМП не имели ЭКГ проявлений. Результаты исследования сопоставимы с ранее опубликованными данными по частоте встречаемости изменений ЭКГ при ГКМП (Беленков и др., 2011).

Пациенты с ГКМП в 91% случаев имели изменения ЭКГ, в том числе в 41% случаях – псевдоинфарктный паттерн. У пациентов с асимметричным и симметричным вариантами ГКМП частота отдельных ЭКГ изменений не различалась.

ЛИТЕРАТУРА

Беленков Ю.Н. Гипертрофическая кардиомиопатия: руководство / Ю.Н. Беленков, Е.В. Привалова, В.Ю. Каплунова. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2011.

Elliott P.M., Anastasakis A., Borger M.A. et al. ESC Guidelines on diagnosis and management of hypertrophic cardiomyopathy The Task Force for the Diagnosis and Management of Hypertrophic Cardiomyopathy of the European Society of Cardiology // Eur. Heart. J. 2014. V. 35. P. 2733–2779.

РАЗВИТИЕ 3D МЕДИЦИНСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ В РЕСПУБЛИКЕ КОМИ

В.В. Голышев

Средняя общеобразовательная школа № 16, г. Сыктывкар

Применение 3D технологий в медицине открывает новые горизонты, реальное прогрессирование инновационных технологий 3D печати в травматологии, ортопедии, реабилитации и стоматологии. В настоящее время уже идет речь о печати внутренних органов, в результате чего будут решены даже такие проблемы трансплантологии, как дефицит донорских органов при их пересадке. Все это перспективы недалекого будущего, а уже сейчас необходимо изучать и осваивать применение 3D медицинских технологий для их широкого внедрения в отрасли здравоохранения Республики Коми (РК).

Цель работы – изучить существующие в настоящее время 3D медицинские технологии и возможность их использования и дальнейшего применения в РК.

Исследование проводилось с помощью поиска имеющейся информации в Интернет ресурсах, опроса врачей практического здравоохранения г. Сыктывкара о применяющихся в настоящее время 3D технологиях и возможностях расширения их применения, анализа перспектив применения 3D медицинских технологий в организациях здравоохранения.

В настоящее время 3D технологии разработаны и активно внедряются в диагностике заболеваний и патологических состояний с использованием 3D сканирования, 3D рентген-диагностики и 3D ультразвукового исследования; в травматологии: печать индивидуальных 3D имплантов, протезов, эндопротезов; в ортопедии и реабилитации: печать индивидуальных 3D протезов, ортезов, лонгет, стелек, корсетов, экзоскелетов; в пластической хирургии: печать индивидуальных тканей и мягких органов для компенсации пластических дефектов и утраченных частей (например, лицо, уши и т.д.); в кардиохирургии: печать индивидуальных искусственных сосудов для шунтирования, клапанов; в стоматологии: печать индивидуальных зубных имплантов, ортодонтических кап; печать искусственных органов (в настоящее время находится на стадии разработки, ведется экспериментальная печать щитовидной железы, поджелудочной железы из выращенных клеток); 3D печать для обучения врачей в симулированных условиях (например, тренировка эндохирургических оперативных навыков при реконструктивных операциях на муля-

жах, напечатанных на 3D принтере по 3D томографии).

В РК 3D медицинские технологии применяются при диагностических исследованиях с использованием 3D ультразвуковых аппаратов экспертного класса, 3D компьютерной томографии, в стоматологии: реализован проект по лечению прикуса без брекетов с помощью напечатанных на 3D-принтере индивидуальных ортодонтических кап для движения зубов, изготовление зубных имплантов по 3D сканированию CAD/CAM.

Также существует проект по разработке экзоскелета, который ведется инновационной лабораторией ФГБОУ ВПО «Сыктывкарский государственный университет им. Питирима Со рокина».

Ближайшие перспективы применения 3D медицинских технологий в регионе: дальнейшее развитие и 3D диагностики заболеваний и патологических состояний с целью использования их результатов при лечении заболеваний (например, протезирование аорты, реконструктивная эндоскопическая хирургия), тиражирование 3D методик в стоматологии (импланты по CAD/CAM, 3D капы), в травматологии и ортопедии – внедрение 3D печати для протезирования (эндопротезы суставов, костных дефектов), в реабилитации – 3D печать лонгет, ортезов, протезов, экзоскелета.

Современные 3D медицинские технологии постепенно входят в здравоохранение РК по разным направлениям организации медицинской помощи. Широкие возможности 3D сканирования и печати переводят их из разряда единичного применения в широкое использование по многим профилям. Внедрение 3D технологий раскрывает перед врачами РК новые возможности, в том числе в проведении ранее невозможных процедур и операций, позволяет индивидуализировать ортопедическое лечение, имплантацию и другие манипуляции.

ЛИТЕРАТУРА

Афанасьев К. 3D-принтеры. [Электронный ресурс: <http://www.3dnews.ru>].

3D-принтеры в медицине. Настоящее и будущее. [Электронный ресурс: <http://medicina.ru/blogpost/3d-printeryi-v-meditsine-ih-nastoyashhe-ibudushhee/>].

**РАСПРОСТРАНЕННОСТЬ ФАКТОРОВ РИСКА ХРОНИЧЕСКИХ НЕИНФЕКЦИОННЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ
У НАСЕЛЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ КОМИ ПО ИТОГАМ ДИСПАНСЕРИЗАЦИИ ЗА ПЕРИОД С 2015 ПО 2017 ГОД****У.Е. Гукова**

Средняя общеобразовательная школа № 12 им. Олега Кошевого, г. Сыктывкар

В статье представлены данные о распространенности факторов риска развития хронических неинфекционных заболеваний по результатам диспансеризации взрослого населения Республики Коми в 2015–2017 гг. Установлено, что к преобладающим факторам риска развития хронических неинфекционных заболеваний относятся нерациональное питание (25.5%), избыточная масса тела (19.8), курение табака (15.2), повышенный уровень артериального давления (15.1%).

В Российской Федерации хронические неинфекционные заболевания, к которым в первую очередь относятся: сердечно-сосудистые заболевания, онкологические и хронические бронхолегочные заболевания, сахарный диабет, являются причиной 75% всех смертей взрослого населения. Важная роль в профилактике хронических неинфекционных заболеваний принадлежит всеобщей диспансеризации взрослого населения, которая стартовала в январе 2013 г. Диспансеризация направлена на раннее выявление основных факторов риска развития хронических неинфекционных заболеваний, являющихся основной причиной инвалидизации и преждевременной смертности населения.

Цель работы – изучить распространенность факторов риска развития хронических неинфекционных заболеваний среди населения Республики Коми.

Исследование проводилось в объеме генеральной совокупности лиц, прошедших диспансеризацию в 2015–2017 гг. в медицинских организациях Республики Коми. Проанализированы статистические отчетные данные итогов диспансеризации населения различных возрастных групп (отчетная форма № 131 утверждена приказом Минздрава России от 6 марта 2015 г. № 87н). Полученные результаты обрабатывали статистически с помощью программы «Microsoft Excel» 5.0.

Общая численность граждан, прошедших диспансеризацию за 2015–2017 гг., составила 374 696 чел. (в 2015 г. – 126 313, в 2016 г. – 128 150, в 2017 г. – 120 233). В структуре прошедших диспансеризацию преобладали женщины – 60.1%, доля работающих граждан составила 58%. Количество граждан возрастной группы старше 60 лет составило 21.5%, 39–60 лет – 46.6, 21–36 лет – 31.9%.

При анализе распространенности факторов риска развития хронических неинфекционных заболеваний, являющихся основной причиной инвалидизации и преждевременной смертности населения, было выявлено, что не зависимо от пола и возраста в исследуемый период на первом месте находился такой фактор риска, как нерациональное питание (25.5%), на втором – избыточная масса тела (19.8), на третьем – курение табака (15.2%). Повышенный уровень артериального давления отмечался у 15.1%, низкая физическая активность – у 15.0, отягощенная наследственность по хроническим неинфекционным заболеваниям – у 10.5, повышенный уровень глюкозы в крови – у 4.3, риск пагубного потребления алкоголя – у 2.6%.

Высокий абсолютный суммарный сердечно-сосудистый риск был отмечен у 8.4%, прошедших диспансеризацию, очень высокий абсолютный суммарный сердечно-сосудистый риск – у 3.2%.

Повышенный уровень артериального давления (33.3%), нерациональное питание (30.5), курение табака (15.2%) занимали три ведущие позиции среди факторов риска у лиц старше 60 лет; нерациональное питание (26.5%), избыточная масса тела (22.3), курение табака (16.9%) – у лиц 39–60 лет, нерациональное питание (20.8%), курение табака (18.2%), избыточная масса тела (11.3%) – у лиц 21–36 лет.

Основным фактором риска у мужского населения, прошедшего диспансеризацию, являлось курение табака (25.5%), далее следовали нерациональное питание (25.4) и избыточная масса тела (18.9%). У лиц женского пола ведущие факторы риска расположились следующим образом: нерациональное питание (25.6%), избыточная масса тела (21.0), низкая физическая активность (16.4%).

В ходе исследования были получены данные о распространенности факторов риска хронических неинфекционных заболеваний среди взрослого населения Республики Коми. К преобладающим факторам риска развития относятся нерациональное питание, избыточная масса тела, курение табака, повышенный уровень артериального давления. В целях профилактики развития хронических неинфекционных заболеваний необходимо информировать население о важности ведения здорового образа жизни и прохождении диспансеризации как важного этапа в сохранении здоровья.

ВСТРЕЧАЕМОСТЬ СИМПТОМОВ ЖИЗНЕУГРОЖАЮЩИХ СОБЫТИЙ У ДЕТЕЙ ПЕРВОГО ГОДА ЖИЗНИ

Е.Н. Першина, В.А. Гусев

Сыктывкарский государственный университет им. Питирима Сорокина, г. Сыктывкар

Внезапные, необъяснимые, пугающие родителей или лиц, осуществляющих уход за младенцами, события на протяжении последних трех десятилетий находятся под пристальным вниманием научного сообщества педиатров всего мира. В 2016 г. Американская Академия педиатрии впервые опубликовала клинические рекомендации, посвященные данным состояниям и определяющие новые подходы к определению, оценке риска и прогноза, выделяющие группу детей первого года жизни с низким риском, не требующим госпитализации, обследования, что направлено на экономическую оптимизацию, снижение гипердиагностики и полипрагмазии в педиатрии. Точная распространенность жизнеугрожающих событий у младенцев неизвестна, поскольку не все обращаются за медицинской помощью. В связи с этим нас заинтересовал вопрос встречаемости данных событий и их симптоматика у детей первого года жизни.

Цель работы – оценить встречаемость симптомов жизнеугрожающих событий у детей первого года жизни в г. Сыктывкаре.

Разработана оригинальная анкета-опросник, включающая 22 вопроса (основная и демографическая части). Проведено выборочное индивидуальное очное анкетирование 820 матерей, имеющих детей второго-третьего года жизни (территория обслуживания ГБУЗ РК СДП № 1, 2, 3 и Эжвинского района г. Сыктывкара). Для оценки значимости различий использованы статистический показатель отношения шансов (ОШ) при 95%-ном доверительном интервале (ДИ) и непараметрический критерий – хи-квадрат. Различия считались статистически значимыми при $p < 0.05$.

Возрастные и социальные характеристики семей, участвующих в анкетировании были среднепопуляционными: возраст матерей 26–35 лет – 62.6% (18–25 лет – 19.5%, старше 35 лет – 17.9%); возраст отцов 26–35 лет – 62.7% (18–25 лет – 10.6%, старше 35 лет – 26.7%). По уровню образования преобладали респонденты с высшим профессиональным уровнем образования – 42.4%. Доход семей в месяц, участвующих в опросе, распределился следующим образом: менее 24 тыс. руб. – 19.0%, 24–49 тыс. руб. – 43.0% и более 50 тыс. руб. – 38.0%.

3.4% опрошенных ($n=28$) отмечали у своих детей на первом году жизни симптомы жизнеугрожающего события: нарушения дыхания

(отсутствие, урежение или нерегулярное дыхание) – 32.1% ($n=9$), побледнение кожных покровов – 17.9% ($n=5$), цианоз кожных покровов – 10.7% ($n=3$), изменение тонуса мышц (гипо-/гипертония) – 7.1% ($n=2$). Измененный уровень ответной реакции – 10.7% ($n=3$). У 21.4% ($n=6$) наблюдалось сочетание двух и более симптомов. Данное событие длилось меньше 1 мин у 92.9% ($n=26$). У 60.7% ($n=17$) симптомы возникли во время плача, у 17.9% ($n=5$) – во время сна, у 7.1% ($n=2$) – после кормления и после посещения бани, у 3.6% ($n=1$) – во время купания, 3.6% – во время кормления. Купированию симптомов способствовала тактильная стимуляция в 75.0% ($n=21$) случаев, в 21.4% ($n=6$) событие самопроизвольно разрешилось. В одном случае родители делали искусственное дыхание «рот в рот». После перенесенного события в 96.4% ($n=27$) родители не отмечали изменений в состоянии младенца. На момент события в 50.0% ($n=14$) случаев возраст ребенка был старше 2 мес. Повторные схожие события на первом году жизни отмечались у 10.7% ($n=3$). 78.6% ($n=22$) детей родились доношенными. 39.3% ($n=11$) на момент события находились на грудном вскармливании, 42.9% ($n=12$) – на искусственном, 17.9% ($n=5$) – на смешанном. Отягощенный анамнез по внезапной смерти имели 25.0% ($n=7$) детей с симптомами жизнеугрожающего события против 12.8% ($n=792$) у детей без данной симптоматики (ОШ – 2.8; 95% ДИ – 1.1–4.8). Также значимо чаще дети с симптомами жизнеугрожающего события имели отягощенный анамнез по пре- и синкопальным состояниям (67.9% против 26.4%) у родственников первой степени родства (ОШ – 5.8; 95% ДИ – 3.2–10.8). Родители детей, демонстрирующих на первом году жизни симптомы жизнеугрожающих состояний, значимо чаще имели хроническую никотиновую интоксикацию (64.3% против 48.1%) (ОШ – 1.98; 95% ДИ – 1.1–3.4).

Встречаемость симптомов жизнеугрожающих событий по данным нашего исследования – 34:1000. Преобладают нарушения дыхания и изменения цвета кожных покровов. Младенцы, демонстрирующие симптомы жизнеугрожающего события, значимо чаще имеют отягощенную наследственность по внезапной смерти, пре- и синкопальным состояниям. Курение родителей – вероятный фактор, провоцирующий развитие жизнеугрожающих событий у младенцев.

ТЕХНИКА ПРИГОТОВЛЕНИЯ И КЛАССИФИКАЦИЯ ПИТАТЕЛЬНЫХ СРЕД

К.А. Иванюк

Сыктывкарский государственный университет им. Питирима Сорокина, г. Сыктывкар

Знание физиологии и методов идентификации чистых культур бактерий является основой микробиологической диагностики инфекционных болезней. Питательные среды необходимы для выделения и идентификации микробов (Микробиология..., 2013). История открытия и разработки питательных сред связана с именами таких ученых, как Л. Пастер, Р. Кох, У. Хессе и Ю. Петри. Питательная среда в микробиологии – однокомпонентный или многокомпонентный субстрат, применяемый для культивирования микроорганизмов (м/о) или культур клеток высших организмов (Медицинская микробиология..., 2013).

Основная цель применения питательных сред в бактериологической лаборатории – диагностическая, так как по характеру роста микроорганизма, по образуемым на среде колониям, а также по свойствам конкретной среды зачастую можно судить о природе исследуемого микроорганизма.

Цель работы – изучение техники приготовления основных питательных сред.

Задачи – изучение этапов приготовления питательных сред, их хранение в условиях бактериологической лаборатории; требований, предъявляемых к питательным средам; ознакомление с принципами классификации питательных сред.

Для обеспечения разнообразных типов метаболизма м/о искусственные питательные среды должны отвечать следующим требованиям: содержать питательные вещества в сбалансированном виде; содержать воду (не менее 20%); оптимальные значения температуры и pH; быть стерильной.

Работа проводилась на базе ГБУЗ РК «Эжвинская городская поликлиника» в бактериологической лаборатории. Согласно инструкции питательной среды, в дистиллированную воду вносят необходимые компоненты и растворяют при нагревании. pH среды определяют с помо-

щью индикаторных бумажек. Фильтруют жидкие и желатиновые среды через фильтровальную бумагу; среды с агаром (в горячем состоянии) – через ватно-марлевый фильтр. Разливают в колбы, флаконы, пробирки. Используют чистую нестерильную посуду, если среда подлежит стерилизации при 120 °C, или стерильную посуду, если среда требует стерилизации текучим паром (100 °C) или при 112 °C. Закрывают посуду со средой ватно-марлевыми пробками. В зависимости от состава среды стерилизуют различными способами. Агаровые среды, не содержащие углеводов и нативного белка, стерилизуют в автоклаве при 115–120 °C в течение 15 мин. Среда, содержащая углеводы, молоко, желатин, стерилизуют текучим паром при 100 °C или в автоклаве при 112 °C в течение 15 мин. Среда, содержащая нативный белок, мочевины, стерилизуют фильтрованием или добавляют стерильные компоненты (кровь, сыворотку) в стерильную основу среды. Готовые стерильные питательные среды подвергают контролю на стерильность путем выдерживания в термостате при 37 °C в течение 1–3 сут. (Микробиология..., 2013).

Питательные среды классифицируются по составу (естественные, искусственные), консистенции (жидкие, полужидкие, плотные), составу (простые, сложные), назначению (селективные, дифференциально-диагностические) (Поздеев, 2008).

ЛИТЕРАТУРА

Микробиология, вирусология и иммунология: руководство к лабораторным занятиям: учебное пособие / Под ред. В.Б. Сбойчакова, М.М. Карапаца. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2013. 320 с.

Медицинская микробиология, вирусология и иммунология / Под ред. В.В. Зверева, М.Н. Бойченко. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2013. Т. 1. 448 с.

Поздеев О.К. Медицинская микробиология: учебное пособие / Под ред. В.И. Покровского. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2008. 260 с.

МЕТОДИКА ПРИГОТОВЛЕНИЯ ФИКСИРОВАННЫХ ПРЕПАРАТОВ
ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФАГОЦИТАРНОЙ АКТИВНОСТИ НЕЙТРОФИЛОВ

А.А. Исаков, Н.С. Майсюк

Сыктывкарский государственный университет им. Питирима Сорокина, г. Сыктывкар

Иммунный статус определяется как совокупность количественных и функциональных показателей, отражающих состояние иммунной системы в данный момент времени. Сегодня принято использовать тактику лабораторного анализа иммунного статуса, предусматривающую двухэтапное обследование (рекомендации ГНЦ РФ – Институт иммунологии ФМБА

и кафедры иммунологии РГМУ). Тесты первого уровня характеризуют как ориентировочные, они просты в исполнении, экономически доступны многим лечебным учреждениям и при этом достаточно информативны для выявления «грубых» дефектов в иммунной системе. Они включают: определение относительного и абсолютного числа лейкоцитов и лимфоцитов

в периферической крови; определение функциональной активности фагоцитов; анализ на ВИЧ инфекцию, определение основных субпопуляций лимфоцитов в крови: Т-клеток (CD3+, CD4+, CD8+), В-клеток (CD19+) и NK (CD16+); определение содержания IgM, IgG и IgA в сыворотке крови. Тесты второго уровня характеризуют как аналитические, позволяющие провести углубленный анализ иммунной системы с выявлением уровня и выраженности иммунных нарушений (Иммунология..., 2013).

Фагоциты являются одним из главных компонентов врожденного иммунитета. Они обеспечивают первую линию в защите организма от инфекции. В основе защитной функции лейкоцитов лежит фагоцитарный процесс, заключающийся в их способности распознавать, поглощать, убивать и переваривать чужеродные клетки. Как высокочувствительный индикатор нормы и патологии характеристики фагоцитов служат полезным инструментом не только иммунологической, но и общеклинической диагностики. Данные по фагоцитарной активности нейтрофилов и моноцитов (содержание клеток, фагоцитировавших при инкубации бактерий) позволяют оценить резервные возможности этих клеток по поглощению и перевариванию чужеродных агентов (Методики..., 2009).

Оценку фагоцитарной активности рекомендуется проводить пациентам со следующими симптомами: рецидивирующие и хронические инфекции кожи и слизистых (пиодермия, абсцессы, диссеминированные кандидозы, хронический фурункулез), инфекции верхних дыхательных путей, воспаление органов малого таза, сепсис, менингит.

Цель работы – освоить методику приготовления фиксированного препарата для определения фагоцитарной активности нейтрофилов.

Задачи: готовить мазки на предметном стекле; фиксировать и окрашивать препарат; определять фагоцитоз нейтрофилов с помощью микроскопирования.

Исследования проводились на базе ГБУЗ РК «Эжвинская городская поликлиника» в бактериологической и клинико-биохимической лабораториях. Ход определения: в одноразовую пластиковую пробирку с антикоагулянтом помещали 0.5 мкл исследуемой цельной крови, взятой из пальца, и добавляли 0.1 мкл точной взвеси *Klebsiella pneumoniae*, предварительно подогретой до 37 °С. Лейкоцитарно-микробную взвесь перемешивали встряхиванием и выдерживали при температуре 37 °С в течение 30 мин. После окончания инкубации готовили мазки, высушивали, фиксировали (фиксатор – краситель метиленовый синий типа Лейшман) в течение 1 мин, затем окрашивали красителем азур-эозин по Романовскому в течение 15 мин. Окрашенные мазки споласкивали в проточной воде, высушивали. Учет полученных результатов проводился под иммерсионной системой микроскопа с увеличением 10 × 90 (Микробиология..., 2013).

Не разрушенные микроорганизмы окрашены в темно-фиолетовый цвет, хорошо контурируются. Убитые микроорганизмы окрашены в различные оттенки розового цвета, уменьшены в размерах.

ЛИТЕРАТУРА

Иммунология: учебник / Р.М. Хаитов. 2-е изд., перераб. и доп. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2013. 528 с.

Микробиология, вирусология и иммунология: руководство к лабораторным занятиям: учебное пособие / Под ред. В.Б. Сбойчакова, М.М. Карапаца. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2013. 320 с.

Методики клинических лабораторных исследований: справочное пособие. Клинико-биохимические исследования. Иммунологические исследования / Под ред. В.В. Меншикова. М., 2009. Т. 2. 309 с.

МОДИФИЦИРУЕМЫЕ И НЕМОДИФИЦИРУЕМЫЕ ПРЕДИКТОРЫ РАЗВИТИЯ ХРОНИЧЕСКОЙ БОЛЕЗНИ ПОЧЕК. ПСИХИКО-СОМАТИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ПАЦИЕНТОВ С ХРОНИЧЕСКОЙ БОЛЕЗНЬЮ ПОЧЕК

С.Б. Исмаилов, С.Н. Керимова, О.Н. Курочкина

Сыктывкарский государственный университет им. Питирима Сорокина, г. Сыктывкар

Хроническая болезнь почек (ХБП) – потеря функционирующих нефронов, проявляющаяся постоянными качественными и количественными аномалиями экскреторной и/или фильтрационной функций.

Частота развития ХБП в различных странах мира располагается между 7 и 12%. Большую роль в развитии данного заболевания играют предрасполагающие факторы, а именно: моносимптомные заболевания почек, врожденные аномалии, сахарный диабет I и II типов, плохо контролируемая артериальная гипертензия, ожирение, длительный прием нефротоксичных пре-

паратов, климат, инфекционные заболевания и хроническое воспаление, онкология, эпизоды острого почечного повреждения, врожденное низкое количество нефронов (малый вес при рождении, дисгармоничное развитие), обструктивные уропатии.

На данный момент не существует возможного полного излечения от заболевания. Трансплантация почек доступна далеко не каждому. Период полужизни пересаженной почки менее 20 лет, что не снимает бремя обязательного пожизненного приема лекарств.

Данные обстоятельства выводят на необходимость внедрения превентивных мер с целью предотвращения развития заболевания. Оценка факторов риска, поиск новых, поможет достичь понимания причины развития заболевания, его предотвращения, а затем и лечения.

Исследования проводились на базе отделения нефрологии Коми республиканской больницы. Был проведен сравнительный анализ состояния пациентов, их алиментарных и бытовых привычек с объективными лабораторными данными. В группу обследования вошли 36 пациентов: 20 мужского пола и 16 – женского. Все пациенты страдают ХБП, на момент анкетирования прибывали в нефрологическом отделении Коми республиканской больницы.

Из 36 пациентов 31 ежедневно принимали овощи, 35 – молочные продукты, 35 – красное мясо более одного раза в сутки, 17 – курили, 26 – принимали анальгетики в течение года, избыточным весом страдало 26 пациентов.

По результатам обработки анкетирования по форме SF-36 (анкета оценки качества жизни) было выявлено следующее: пациенты оценивают свое соматическое здоровье на уровне 43.7%, психическое – 49.7%. Мужчины: 49.5% – соматическое, 50.1 – психическое. Женщины: 33% – соматическое, 42.4% – психическое. Субъективные показатели слабо коррелируют с объективными лабораторными данными. У мужчин фиксировался креатинин на уровне 450 мкмоль/л, СОЭ – 31.5 мм/ч, у женщин – 312 и 27 соответственно.

Пищевые привычки, быт, стрессовые влияния ассоциировались с развитием хронической болезни почек. Ожирение, прием анальгетиков, избыточное употребление красного мяса, по-видимому, способствуют ухудшению состояния почек.

ЛИТЕРАТУРА

- Gopinath B., Harris D.C., Flood V.M., Burlutsky G., Mitchell P. Associations between dairy food consumption and chronic kidney disease in older adults // *Sci Rep*. 2016. V. 6. P. 39532.
- Romagnani P., Remuzzi G. Chronic kidney disease // *Nature Reviews*. 2017. Published online 23 Nov 2017.
- Mafra D., Borges N.A.. Nutrition. Red meat intake in chronic kidney disease patients // *Two sides of the coin*. 2018. V. 46. P. 26–32.
- Sanchez-Nico M.D., Bozic M. Beyond proteinuria: VDR activation reduces renal inflammation in experimental diabetic nephropathy // *Am. J. Physiol. Renal. Physiol*. 2012. V. 15. 302(6). P. 647–657.
- Guo J., Lu C. Cell Physiol Biochem // *VDR Activation Reduces Proteinuria and High-Glucose-Induced Injury of Kidneys and Podocytes by Regulating Wnt Signaling Pathway*. 2017. V. 43(1). P. 39–51.
- Stenvinkel P., Zoccali C. Obesity in CKD – What Should Nephrologists Know? // *J. Am. Soc. Nephrol*. 2013. V. 24(11). P. 1727–1736.
- Bruce M.A., Griffith D.M. Stress and the Kidney // *Adv. Chronic. Kidney Dis*. 2016.
- Hörl W.H. Nonsteroidal Anti-Inflammatory Drugs and the Kidney // *Pharmaceuticals (Basel)*. 2010. V. 21, 3(7). P. 2291–2321.

ИССЛЕДОВАНИЕ СОДЕРЖАНИЯ β -ГЕМОЛИТИЧЕСКОГО СТРЕПТОКОККА ГРУППЫ А И *STAPHYLOCOCCUS AUREUS* У СТУДЕНТОВ МЕДИЦИНСКОГО ИНСТИТУТА

А.Е. Караваев

Сыктывкарский государственный университет им. Питирима Сорокина, г. Сыктывкар

Стафилококки были открыты Л. Пастером в 1880 г. В настоящее время род *Staphylococcus* насчитывает более 32 видов (Медицинская микробиология..., 2013). *Staphylococcus aureus* колонизирует слизистые оболочки носовой полости и носоглотки, кожные покровы. Микроорганизмы выделяют у 15–50% клинически здоровых взрослых лиц. Временное носительство отмечается у 60% людей, но в большинстве случаев оно продолжается несколько недель или месяцев. Хроническое носительство типично для персонала медицинских учреждений, пациентов, страдающих atopическими дерматитами, а также лиц, регулярно получающих инъекции различных препаратов (Поздеев, 2008; Методики..., 2009).

Род стрептококков насчитывает более 50 видов. Видовая классификация построена на основании изучения фенотипических свойств (около 30 тестов: биохимические, на патогенность, культуральные свойства). Для определенных видов стрептококков характерны различные антигены полисахаридной природы, связанные

с серологическими группами, которые определяют для точной идентификации стрептококков. Известно 20 серологических групп: А, В, С и др. Штаммы *Streptococcus pyogenes* относятся к серогруппе А. Внутри серогруппы А по М-белку определено до 80 сероваров. Имеется определенная связь между принадлежностью стрептококков к серогруппе, серовару и спецификой их патогенного действия (Медицинская микробиология..., 2013). *S. pyogenes* паразитирует на слизистой оболочке переднего отдела носа, носоглотки и миндалин, на коже. В холодный сезон частота носительства в носоглотке может достигать 25% (Поздеев, 2008).

Цель работы – определение процента носительства *S. aureus* и *S. pyogenes* среди студентов III курса Медицинского института.

Задачи: взятие материала из носа и посев на желточно-солевой агар (ЖСА) для выявления *S. aureus*; материала из зева и посев на кровяной агар (КА) для выявления β -гемолитического стрептококка; описание культуральных свойств выросших колоний после 24–48 ч инкубации

при 37 °С; определение принадлежности стрептококка к группе А.

Исследования проводились на базе ГБУЗ РК «Эжвинская городская поликлиника» в бактериологической лаборатории. В эксперименте принимали участие студенты III курса. Забор материала производили стерильным ватным тампоном из носа, а также с задней стенки глотки с последующим посевом на плотные питательные среды (Техника сбора..., 2006). На ЖСА (селективная среда для выращивания стафилококков) определяли лецитовителизную активность, характерную для *S. aureus* (Микробиология..., 2013). На КА *S. pyogenes* образует мелкие сероватые колонии с полной зоной гемолиза. Для дифференцировки стрептококков группы А от прочих β -гемолитических стрептококков применяли тест чувствительности к бацитрацину. Стрептококки группы А чувствительны к бацитрацину, тогда как представители других серогрупп обычно устойчивы (Поздеев, 2008). Для этого диск с бацитрацином накладывали на чистую культуру β -гемолитического стрептококка. Через сутки оценивали зону задержки роста вокруг диска с бацитрацином.

В ходе эксперимента выявлено, что 41% студентов является носителем золотистого стафилококка. β -гемолитический стрептококк группы А был обнаружен у 33% студентов.

ЛИТЕРАТУРА

Медицинская микробиология, вирусология и иммунология / Под ред. В.В. Зверева, М.Н. Бойченко. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2013. Т. 2. 480 с.

Микробиология, вирусология и иммунология: руководство к лабораторным занятиям: учебное пособие / Под ред. В.Б. Сбойчакова, М.М. Карапаца. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2013. 320 с.

Поздеев О.К. Медицинская микробиология: учебное пособие / Под ред. В.И. Покровского. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2008. 768 с.

Методики клинических лабораторных исследований: справочное пособие. Т. 3. Клиническая микробиология. Бактериологические исследования. Микологические исследования. Паразитологические исследования. Инфекционная иммунодиагностика. Молекулярные исследования в диагностике инфекционных заболеваний / Под ред. В.В. Меньшикова. М., 2009. 880 с.

Техника сбора и транспортирования биоматериалов в микробиологические лаборатории: методические указания. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2006. 126 с.

РЕГИСТР ХРОНИЧЕСКОЙ БОЛЕЗНИ ПОЧЕК В РЕСПУБЛИКЕ КОМИ

С.Н. Керимова, З.Б. Исмаилов, О.Н. Курочкина

Сыктывкарский государственный университет им. Питирима Сорокина, г. Сыктывкар

Частота развития хронической болезни почек (ХБП) в различных странах мира располагается между 7 и 12%. Большую роль в развитии данного заболевания играют такие факторы, как моногенные заболевания почек, врожденные аномалии, сахарный диабет, артериальная гипертензия, ожирение, длительный прием нефротоксичных препаратов, климат, инфекционные заболевания и хроническое воспаление, онкология, эпизоды острого почечного повреждения, малый вес при рождении, дисгармоничное развитие, обструктивные уродпатии. Ведение пациента на различных стадиях ХБП проводится с использованием разносторонней лекарственной терапии, отсрочивая неизбежную терминальную стадию. На последней стадии, кроме постоянной лекарственной поддержки, необходимо применение замещающей терапии: гемодиализ, перитонеальный диализ, трансплантация почки.

Смертность от ХБП занимает 17 место в мире. ХБП также многократно повышает риск развития ССЗ, что снижает продолжительность жизни пациента. Пятилетняя выживаемость на диализе составляет 40–50%. С каждым годом количество пациентов с ХБП увеличивается на 1%. Проблема приобретает все более массовый характер.

Цель работы – привнести вклад в развитие и совершенствование нефрологической служ-

бы в работе с пациентам с ХБП в Республике Коми. Выявление факторов риска, повышение качества жизни и выживаемости пациентов, а также прогнозирование диализных мест.

В работе использованы сведения регистра пациентов нефрологического отделения Коми республиканской больницы за 2015–2016 гг., которые проходили лечение в указанный период. База данных составляет 318 пациентов: 143 – мужчин (45%), 175 женщин (55%) с СКФ (СКД-ЕРП) ниже 80 мл/мин/1.73 м², прослеженных на протяжении до четырех визитов, оценены скорость и направление изменения функции почек. В регистре фиксировались дата рождения, диагноз, статус пациента, дата обследования, АД, лечение, а также вносились результаты анализов: ОАК, ОАМ, биохимический анализ крови.

Наибольшая часть пациентов, включенных в регистр, находилась в возрастном диапазоне от 50 до 80 лет – 67.5% от общего количества пациентов. Больные в возрасте 30–40 лет составили 10,7%, в возрасте 70–80 лет – 16.7% от всего количества. Средний возраст женщин – 59 лет, мужчин – 60 лет.

Причины ХБП у пациентов мужского и женского пола, включенных в регистр, представлены в таблице.

Наиболее частые основные диагнозы у пациентов с ХБП: хронический тубулоинтерстициальный нефрит, хронический гломерулонеф-

Причины ХБП у пациентов мужского и женского пола, включенных в регистр

Диагноз	Количество	Женщины	Мужчины
Не определен	24	15	9
Хронический гломерулонефрит	54	25	29
Хронический пиелонефрит	36	24	12
Поликистоз почек	21	15	6
Амилоидоз почек	10	6	4
Сахарный диабет	2	2	0
Гипертоническая болезнь	3	1	2
Хронический нефритический синдром	12	4	8
Гипертоническая нефропатия	28	13	15
Хронический тубулоинтерстициальный нефрит	59	37	22
Диабетическая нефропатия	46	24	22
Ишемическая болезнь почек	9	2	7
Хронический пиелонефрит единственной почки	1	1	0
Сахарный диабет. Нefропатия смешанного генеза	1	1	0
Хронический нефротический синдром	3	1	2
Нефросклероз	2	1	1
Вторичная нефропатия с нарушением функции почек	1	1	0
Врожденная аномалия развития МВС	1	0	1
Подагрическая нефропатия	3	0	3
Вторичный гломерулонефрит	1	1	0

рит, диабетическая нефропатия, хронический пиелонефрит, гипертоническая нефропатия. У женщин основная причина развития ХБП – хронический тубулоинтерстициальный пиелонефрит (21.3%), на втором месте хронический гломерулонефрит (14.4%), на третьем – хронический пиелонефрит и диабетическая нефропатия (13.8%). У мужчин – хронический гломерулонефрит (20.3%), хронический тубулоинтерстициальный нефрит и диабетическая нефропатия (15.4%), гипертоническая нефропатия (10.5%).

Полученные данные позволяют нам сравнить их с ранее проанализированными сведениями из регистра по Республике Коми. Динамика изменений прослеживается в увеличении возраста манифестации ХБП и рассмотрении основной причины развития ХБП – хронического интерстициального нефрита.

ЛИТЕРАТУРА

- Romagnani P., Remuzzi G. Chronic kidney disease. Nature Reviews // Published online. 2017. 23.
O'Hare A.M. et al. Age Affects Outcomes in Chronic Kidney Disease // JASN, 2007. P. 2758–2765.

ЛЕЧЕНИЕ ОРВИ В УСЛОВИЯХ ГОРОДСКОЙ ПОЛИКЛИНИКИ

И.Н. Кононов

Заболеваемость острой респираторной вирусной инфекцией (ОРВИ) среди населения очень высока, особенно в зимний период, а единичных четких рекомендаций по лечению этого заболевания пока не разработано, за исключением гриппа. Из препаратов для лечения ОРВИ рекомендуются Умифеновир (уровень доказательности А), Имидазолилэтанамида пентандиовой кислоты (уровень доказательности С). В то же время спектр противовирусной терапии на сегодняшний день включает в себя также кагоцел, арбидол, ингавирир, эргоферон и ряд других. Эффективность противовирусных препаратов обусловлена их активностью против вирусов гриппа А и В, а также возбудителей ОРВИ – коронавируса, риновирус, аденовирус, респираторно-синцициальный вирус и вирус парагриппа. На этапе диагностики из-за сходной клиники бывает сложно определить, какой именно вирус вызвал ОРВИ, поэтому целесообразно назначать препараты, действующие на разные вирусы. Антибиотики при вирусных за-

болеваниях не показаны, их назначение оправдано только в случае присоединения бактериальной инфекции.

Цель работы – провести анализ амбулаторных карт в Сыктывкарской городской поликлинике № 3 за 2017 г. с диагнозом ОРВИ, найти наиболее удачную схему лечения, оценить показания для назначения антибиотиков.

Проведен анализ 35 случайно выбранных амбулаторных карт больных, перенесших ОРВИ в 2017 г., в том числе 18 мужчин, 17 женщин, средний возраст – 36.2 ± 8.4 лет. Оценивались жалобы, клиническая картина, диагноз, лечение.

В клинической картине течения ОРВИ отмечались следующие варианты течения заболевания: ринит – 19 чел. (54.3%), ринофарингит – 6 (17.1), бронхит – 6 (17.1), ларингит – 2 (5.8), трахеит – 2 чел. (5.8%).

Наиболее часто назначаемым противовирусным препаратом является кагоцел (28.5%), затем идут ингавирир (25.7%), арбидол (11.4%)

и эргоферон (11.4%). Антибактериальные препараты были назначены 13 пациентам – 37.1% случаев. Комбинации антибактериального и противовирусного препаратов назначались для 14.3%, в случаях более тяжелого течения заболевания с высокой температурой тела (38.2 °C). В 8.5% случаев они показаны через некоторое время (4–5 дней), что было обусловлено недостаточной эффективностью противовирусной терапии. Антибиотики без противовирусного препарата назначались в 22.86% случаев.

Самая высокая средняя продолжительность лечения (12 дней) отмечается при лечении антибиотиками без противовирусных препаратов, 9.8 дней – при лечении антибиотиками с противовирусным препаратом. Среди пациентов, по-

лучавших только противовирусную терапию, самая низкая средняя продолжительность лечения отмечалась у больных, получавших арбидол (6.7 дней), а самая высокая – у больных, получавших кагоцел (8.3 дня).

Самым часто назначаемым препаратом является кагоцел. Продолжительность листа нетрудоспособности была наименьшая при назначении арбидола.

Установлено частое назначение антибактериальных препаратов без достаточных для этого показаний. При назначении антибиотиков отмечались самые длительные сроки лечения, составившие более 12 дней, что еще раз подчеркивает низкую неэффективность этих препаратов при вирусных заболеваниях.

ВЫБОР САХАРОСНИЖАЮЩЕЙ ТЕРАПИИ ПРИ САХАРНОМ ДИАБЕТЕ II ТИПА

А.А. Лукашик

Сахарный диабет – одно из самых распространенных заболеваний. В мире в 1980 г. насчитывалось больных около 108 млн. чел., в 2014 г. показатели выросли до 422 млн. Среди взрослых граждан этим недугом ранее страдали 4.7%, в 2016 г. цифра возросла до 8.5%. По мнению специалистов, развитие сахарного диабета к 2030 г. приведет к двукратно увеличению количества больных по отношению к 2010 г. Эта болезнь войдет в число основных причин смертности человечества. Статистика больных сахарным диабетом в России составляет около 17% от всего населения страны. За пять лет количество людей, страдающих этим недугом, стало на 5.6% больше.

Цель работы – определить клинические характеристики и эффективность лечения больных сахарным диабетом в условиях городской поликлиники.

Проведен анализ 13 случайно выбранных амбулаторных карт больных сахарным диабетом, наблюдавшихся в городской поликлинике № 3 г. Сыктывкара, в том числе восемь мужчин и пять женщин, средний возраст – 59.7 ± 8.2 лет.

Длительность течения заболевания у пациентов составила 5.8 ± 4.6 лет. Большая часть больных (30.7%) имела стаж 5 лет. Распределение больных по длительности течения заболевания представлено на диаграмме.

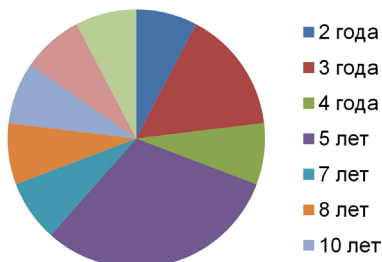
У всех больных имелись сопутствующие заболевания: у всех пациентов была зарегистрирована артериальная гипертензия, у 5 чел. (38.5%) имелись нарушения сердечного ритма и патологические изменения на ЭКГ в виде желудочковой экстрасистолы (3 чел.), фибрилляции предсердий (1 чел.), нарушений проводимости (1 чел.); дислипидемия – 6 чел. (46.2%),

дорзопатия (2 чел. – 15.4%), ожирение – 6 чел. (46.2%), катаракта (1 чел.), варикозное расширение вен (1 чел.), панкреатит (2 чел. – 15.4%), ишемическая болезнь сердца – 4 чел. (30.8%), в том числе перенесенный ранее инфаркт миокарда – 3 чел. (20.1%); атеросклероз сосудов нижних конечностей – 1 чел. Три человека имеют осложнения сахарного диабета в виде: диабетической полинейропатии, диабетической стопы с гангреной пальцев, почечной недостаточности (2 чел.), в том числе один больной с ХБП пятой степени. Отмечалась полиморбидность больных: так, кроме диабета, имели одно сопутствующее заболевание 3 чел., два заболевания – 3 чел., три – 1 чел., четыре – 3 чел. и у одного больного было восемь сопутствующих заболеваний и осложнений диабета.

При обследовании пациентов средние показатели массы тела – 83.5 кг, ИМТ – 28.0 кг/м^2 , АД – 139/86 мм рт.ст., целевого уровня АД достигли 8 чел. (61.5%). Уровень гликированного гемоглобина при последнем исследовании составил 7.6 ± 2.4 ммоль/л, достижение целевых показателей отмечалось у шести больных (46.2%), общий холестерин – 6.5 ± 2.4 ммоль/л, что выше нормы.

Пациенты получали лечение: метформин 8 чел. (61.4%), вилдаглиптин – 2 чел. (15.4%), глибенкламид – 2 чел. (15.4%), инсулин гларгин – 2 чел. (15.4%), инсулин аспарт – 1 чел. (7.7%). Кроме того, все больные получали оптимальную медикаментозную терапию по сопутствующим заболеваниям.

Больные сахарным диабетом имеют большое количество сопутствующих заболеваний, часть из них – выраженные осложнения диабета, в том числе у всех больных – артериальная гипертензия. Значительная часть пациентов страдает ожирением.



Пациенты получали лечение в соответствии с современными клиническими рекомендациями. Значительная часть пациентов не достигает

целевых показателей холестерина и глюкозы, несмотря на получаемое лечение.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ АНТИСЕПТИКОВ В ОТНОШЕНИИ БАКТЕРИЙ НА РУКАХ

В.А. Минина, Р.М. Казюконис

Сыктывкарский государственный университет им. Питирима Сорокина, г. Сыктывкар

Основные представители микрофлоры кожи: коринеформные бактерии, бациллы, эпидермальные стафилококки, микрококки, стрептококки и дрожжеподобные грибы рода *Malassezia* (Медицинская микробиология..., 2013). Обычно на 1 см² выделяют 10³–10⁴ микроорганизмов; на участках с повышенной влажностью их число может достигать 10⁶. Соблюдение элементарных правил гигиены может уменьшить число бактерий на 90% (Поздеев, 2008).

Антисептика – совокупность мер, направленных на уничтожение микробов в ране, патологическом очаге или организме в целом, на предупреждение или ликвидацию воспалительного процесса. Первые элементы антисептики были предложены И. Земмельвейсом в 1847 г. (Поздеев, 2008). В качестве антисептиков используют йодсодержащие соединения (спиртовой раствор йода 3–5%), спирт 70%, перманганат калия (0.04–0.5%), красители (бриллиантовый зеленый), кислоты, щелочи, эфиры (Методики..., 2009).

Цель работы – определение эффективности антисептиков при обработке кожи рук. Для достижения этой цели были поставлены следующие задачи: взятие материала с рук до и после обработки (мылом, спиртом, антисептиком); посев на питательные среды (кровяной агар, желточно-солевой агар, агар Сабура); подсчет выросших колоний, после 48 ч инкубации при 37 °С; окрашивание по Граму, микроскопия.

Исследования проводились на базе ГБУЗ РК «Эжвинская городская поликлиника» в бактериологической лаборатории. В эксперименте принимали участие студенты III курса Сыктывкарского государственного университета им. П. Сорокина, которые были поделены на три группы. Первая группа студентов производила обработку рук жидким мылом (мыло Sanipone Extra с бактерицидной активностью в отношении патогенной микрофлоры, в том числе кишечной палочки, стафилококка и грибковых инфекций), вторая – 70%-ным спиртом, третья – антисептиком (Диасептик 30). До обра-

ботки антисептиками производился забор материала с поверхности руки стерильным ватным тампоном (Техника сбора..., 2006). После минутной обработки рук антисептиками производили повторное снятие материала с поверхности рук стерильным ватным тампоном и посев на питательные среды. Для посева использовали плотные среды: желточно-солевой агар – селективная среда для выращивания стафилококков, кровяной агар – бактериологическая среда, служащая для выделения бактерий и установления их гемолитической активности, агар Сабура используется для культивирования дрожжей (Методики..., 2009).

Для характеристики бактерицидности кожи вычисляли индекс бактерицидности, показывающий процент гибели микроорганизмов через заданный промежуток времени. После обработки рук мылом на агаре Сабура не было выявлено роста микроорганизмов. Общий индекс бактерицидности при обработке мылом равен 69%, антисептиком – 58%, спиртом – 94%. На руках после посева, описания культуральных свойств и результатов бактериоскопии доминировали грамположительные кокки.

ЛИТЕРАТУРА

Медицинская микробиология, вирусология и иммунология / Под ред. В.В. Зверева, М.Н. Бойченко. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2013. Т. 2. 480 с.

Методики клинических лабораторных исследований: справочное пособие. Т. 3. Клиническая микробиология. Бактериологические исследования. Микологические исследования. Паразитологические исследования. Инфекционная иммунодиагностика. Молекулярные исследования в диагностике инфекционных заболеваний / Под ред. В.В. Меньшикова. М., 2009. 880 с.

Поздеев О.К. Медицинская микробиология: учебное пособие / Под ред. В.И. Покровского. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2008. 768 с.

Техника сбора и транспортирования биоматериалов в микробиологические лаборатории: методические указания. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2006. 126 с.

МИКРОФЛОРА МОЛОЧНОКИСЛЫХ ПРОДУКТОВ

П.Д. Нанинец, Ю.В. Королева, Е.А. Петухова

Лицей народной дипломатии, г. Сыктывкар

Кисломолочными называют продукты, которые вырабатывают из пастеризованного молока или сливок путем сквашивания их заквас-

ками, приготовленными на чистых культурах молочнокислых бактерий с добавлением или без добавления культур молочных дрожжей.

Йогурт – это полезнейший продукт для здоровья и хорошего самочувствия. В нем содержится рекордное количество полезных веществ и витаминов. Йогурт готовят из молока путем сквашивания термофильных стрептококков и болгарской палочки. Он улучшает пищеварение и помогает похудеть, полезен для костей и суставов, хорошо влияет на состояние иммунной системы, служит прекрасным источником витамина B12. Регулярно потреблять йогурт рекомендуется тем, кто следит за фигурой и занимается спортом.

В настоящее время с появлением йогуртов промышленного производства вопросы о том, что такое йогурт, его польза и вред для организма человека, а также есть ли у этого кисломолочного продукта какие-либо лечебные свойства, представляют большой интерес для тех, кто заботится о своем здоровье.

Цель работы – изучить микрофлору кисломолочных продуктов на примере образцов йогуртов разных торговых марок.

Задачи: изучить научную литературу и интернет-ресурсы по данной теме; освоить методику окрашивания и микроскопирования микроорганизмов; рассмотреть микрофлору йогуртов пяти торговых марок; провести опрос учащихся и работников лицея; дать рекомендации сотрудникам и учащимся лицея по итогам исследования.

Высокая цена йогурта не гарантирует наличие большего количества полезных бактерий, чем в йогуртах более низкой ценовой категории.

Изученную тему мы рассмотрели по данным вопросам: основная информация о молочнокислых бактериях и йогурте как кисломолочном продукте. Также в работе описано исследование микрофлоры пяти торговых марок йогуртов на базе лаборатории микробиологии Института естественных наук Сыктывкарского государственного университета им. Питирима Сорокина в

рамках работы школьного факультатива «Основы микробиологии», представлены результаты опроса «Отношение учеников и работников Лицея народной дипломатии к йогуртам и их предпочтения в выборе продукта». В результате опроса мы выяснили: подавляющее большинство респондентов уверено, что высокая цена йогуртов не гарантирует наличие большого количества полезных бактерий. Таким образом, покупатели йогуртов не всегда уверены в качестве продукта и не знают, какой йогурт более полезен для здоровья. Выбор осуществляется в пользу тех продуктов, которые активно рекламируются производителями. Йогурты в основном используются в качестве перекуса и лакомства, а не восполнения бактериальной микрофлоры желудочно-кишечного тракта. Поэтому предпочтение отдается творожным десертам и йогуртам с различными вкусовыми добавками.

В результате проделанной работы был создан буклет, который призван в краткой и лаконичной форме предоставить ответы на все те вопросы, которые предположительно возникают у потенциальных покупателей йогурта, и помочь расширить знания о данном кисломолочном продукте.

ЛИТЕРАТУРА

Нетрусов А.И. Практикум по микробиологии: учеб. пособие для студентов высш. учеб. заведений / А.И. Нетрусов, М.А. Егорова, Л.М. Захарчук и др. М.: Издательский центр «Академия», 2005. 608 с.

Определитель бактерий Берджи: в 2-х т. / Под ред. Дж. Хоулта, Н. Крига, П. Снита, Дж. Стейли, С. Уильямса. М.: Мир, 1997.

Методические указания к лабораторным работам по курсу «Микробиология с основами вирусологии» для студентов III курса специальности «Биология».

mil kalliance.com, fb.ru, studfiles.ru, spec-kniga.ru, yazdorovee.ru, zhenskoe-mnenie.ru, morehealthy.ru, otovarrah.ru, otzovik.com, irecommend.ru, eco.nw.ru.

ЛАБОРАТОРНАЯ ДИАГНОСТИКА СИФИЛИСА

Н.А. Обросимова, А.А. Вахрушева

Сыктывкарский государственный университет им. Питирима Сорокина, г. Сыктывкар

Сифилис – инфекционное заболевание, вызываемое бледной трепонемой (*Treponema pallidum*), передающееся преимущественно половым путем. Может поражать любые органы и системы; характеризуется стадийностью течения, периодами ремиссий и рецидивов (Медицинская микробиология..., 2013).

Распознавание сифилиса отличается от диагностики других бактериальных инфекций. Применение в диагностике различных методов позволяет адекватно подобрать тесты и оценивать их результаты на различных этапах заболевания. Основа диагностики – методы, на-

правленные на обнаружение возбудителя в материале микроскопией и выявление антител (Федеральные клинические..., 2016).

В последнее десятилетие в России наблюдался резкий рост заболеваемости сифилисом у разных групп населения, что пагубным образом отражается на здоровье подрастающего поколения. Такие проблемы диктуют необходимость не только в поиске новых, более совершенных методов серодиагностики сифилиса, обладающих большей чувствительностью и специфичностью, но и в разработке подходов к стандартизации на основе уже имеющихся средств (Скрипкин и др., 2001).

Цель работы – изучение методов диагностики сифилиса.

Исследования проводились на базе ГБУЗ РК «Республиканский кожно-венерологический диспансер». Для серо- и ликвородиагностики сифилиса в России могут применяться следующие методы (Приказ..., 2001):

1. Микрореакция преципитации (МР) с кардиолипидным антигеном (экспресс-метод). При добавлении к плазме или сыворотке крови больного сифилисом эмульсии кардиолипидного антигена образуется преципитат (комплекс антиген–антитело), выпадающий в виде хлопьев белого цвета.

2. Иммуноферментный анализ (ИФА). Принцип иммуноферментного анализа заключается в соединении комплекса антиген–антитело с конъюгатом, содержащим ферментную метку, выявляемую с помощью субстратной смеси.

3. Реакция пассивной гемагглютинации (РПГА). Принцип метода заключается в том, что при соединении сыворотки крови, содержащей специфические антитела, с эритроцитами, sensibilizированными соответствующим антигеном, наблюдается их характерная агглютинация.

4. Реакция иммунофлюоресценции (РИФ). Принцип метода заключается в соединении специфического комплекса антиген–антитело

с иммунной антивидовой сывороткой, меченой флюорохромом, и выявление его с помощью люминесцентного микроскопа.

5. Комплекс серологических реакций на сифилис (КСР), состоящий из реакции связывания комплемента (РСК) с трепонемным и кардиолипидным антигенами (реакция Вассермана) и МР с кардиолипидным антигеном. Механизм РСК: специфические антитрепонемные антитела вступают в соединение со специфическими антигенами (ультразвученный трепонемный антиген). Образовавшиеся комплексы антиген–антитело сорбируют вводимый в реакцию комплемент. Индикация образовавшихся комплексов достигается введением гемолитической системы (гемолитическая сыворотка + эритроциты барана).

ЛИТЕРАТУРА

Приказ Минздрава РФ от 26.03.2001 № 87 «О совершенствовании серологической диагностики сифилиса».

Федеральные клинические рекомендации. Дерматовенерология-2015: Болезни кожи. Инфекции, передаваемые половым путем. 5-е изд., перераб. и доп. М.: Деловой экспресс, 2016. 768 с.

Скрипкин Ю.К. и др. Инфекции, передаваемые половым путем: практич. руководство. М.: МЕД-пресс-информ, 2001. 368 с.

Медицинская микробиология, вирусология и иммунология / Под ред. В.В. Зверева, М.Н. Бойченко. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2013. Т. 2. 480 с.

МЕДИКО-СОЦИАЛЬНЫЙ ПОРТРЕТ ПАЦИЕНТОВ НА СЕВЕРЕ

Т.В. Парначева, Ю.В. Шорохов

Сыктывкарский медицинский колледж им. И.П. Морозова, г. Сыктывкар

Север России – это великий регион как по территориальной, так и по минерально-сырьевой и производственной значимости для всей страны, и поэтому изучение здоровья населения в этом регионе является особенно актуальной проблемой в настоящее время. Сохранение здоровья населения России все в большей степени связывается с решением проблем на конкретном территориальном уровне, и поэтому охрана здоровья у населения Севера – крайне трудная и сложная социальная задача, которая стоит перед практическим здравоохранением и медицинской наукой.

Специфичность воздействующих факторов и экологии северных районов вызывает необходимость исследования всего комплекса аспектов жизнеобеспечения человека: экологии, гигиены, биологии, психофизиологии, патологии, организации здравоохранения (Квашнина, 2001).

Оказание медицинской помощи человеку, проживающему на Севере, должно включать составление медико-социальной характеристики его жизнедеятельности. Указанная информация может быть полезной как в работе вра-

чей, так и среднего медицинского персонала. Учет медико-социальных особенностей может напрямую повлиять на результат деятельности врача и медицинской сестры, а соответственно, и на такой важный показатель качества медицинской помощи, как удовлетворенность пациента предоставляемыми услугами.

Цель работы – составить медико-социальный портрет пациентов, проживающих на Севере.

Медико-социальный портрет – это комплекс обобщенных характеристик социальной группы, т.е. выявление общих и устойчивых признаков. Это целостное описание статистических, экономических, демографических и социальных показателей той или иной группы пациентов. В составляющие медико-социального портрета входят такие критерии, как семейное положение, жилищно-бытовые условия, средний заработок, уровень образования, уровень здоровья, а также наличие вредных привычек.

В Республике Коми сложилась относительно напряженная медико-экологическая обстановка. Опасной особенностью последнего десятилетия в Республике Коми стал рост первич-

ной детской заболеваемости в сельской местности. Территориями риска по развитию экологически обусловленной патологии являются города Сыктывкар, Ухта, а также Троицко-Печорский и Прилузский районы. В структуре заболеваемости первые три ранговые места последовательно занимают болезни органов дыхания (24.9%), системы кровообращения (11.9%), костно-мышечной системы (11.2%). Структура общей заболеваемости в РК соответствует общероссийской, в которой также на первом месте находятся болезни органов дыхания (23.8%), на втором – системы кровообращения (14.5%) (Государственный доклад..., 2016).

Исследование проведено в период с декабря 2016 г. по март 2017 г. в крупных лечебно-профилактических организациях Республики Коми – ГБУЗ РК «Коми республиканская больница», ГУ РК «Кардиологический диспансер».

В эксперименте участвовал 41 пациент в возрасте 18–70 лет, не имеющие в анамнезе хронического заболевания, значительно снижающего их качество жизни, находившиеся на лечении в стационарах Республики Коми. Была составлена оригинальная анкета, включавшая 32 вопроса. Проведен опрос пациентов методом анкетирования, в ходе которого определялся медико-социальный портрет пациентов, рассмотрены аспекты организации оказания медицинской помощи этим больным, их образ жизни, пристрастие к вредным привычкам и отношение к собственному здоровью в целом.

По результатам проведенного исследования составлен портрет пациента, проживающего на Севере (в Республике Коми): женский пол, со-

стоит в браке, имеет среднее образование, семью из трех человек, рабочая, со среднемесячным доходом 5001–15 тыс. руб., из которых до 5% она готова тратить на лекарства и медицинские услуги для себя и членов семьи. Проживает в городе, работает в системе обслуживания. Предпочитает не обращаться за платной медицинской помощью. Считает, что на состояние здоровья в первую очередь влияет наличие вредных привычек (т.е. образ жизни). Качество жизни в первую очередь связано с доступностью медицинской помощи, уровнем социально-экономического благополучия. Пациент испытывает страх за свое здоровье, имеет иные хронические заболевания, в основном, пищеварительной системы.

Пациент оценивает свое здоровье как удовлетворительное, обращается за медицинской помощью один-два раза в год, проходит диспансеризацию, тщательно соблюдает рекомендации врача, один раз проходил санаторно-курортное лечение. У респондента умеренная физическая активность, он не курит, не употребляет алкоголь.

По данным исследования были разработаны рекомендации для пациентов, проживающих на Севере.

ЛИТЕРАТУРА

Государственный доклад «О состоянии здоровья населения в Республике Коми в 2015 году» / Под общ. ред. Д.Б. Березина. Сыктывкар, 2016. 226 с.

Квашнина С.И. Здоровье населения на севере России (социально-гигиенические и экологические проблемы). Ухта: УГТУ, 2001. 260 с.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ И БЕЗОПАСНОСТИ НОВЫХ ОРАЛЬНЫХ АНТИКОАГУЛЯНТОВ У ПАЦИЕНТОВ С ТРОМБОЭМБОЛИЕЙ ЛЕГОЧНОЙ АРТЕРИИ И АНТИФОСФОЛИПИДНЫМ СИНДРОМОМ

М.А. Петухова, Т.А. Трошева

Сыктывкарский государственный университет им. Питирима Сорокина, г. Сыктывкар

Антифосфолипидный синдром (АФС) – приобретенное тромбофилическое нарушение, которое часто выявляется у пациентов с венозными тромбозами и тромбоэмболией легочной артерии (ТЭЛА) (Решетняк, 2014). Рекомендуемым режимом для длительной антикоагулянтной терапии для таких пациентов является варфарин. Но с момента появления альтернативной группы новых оральных антикоагулянтов (НОАК) определилась практическая проблема использования этих препаратов у пациентов с ТЭЛА и АФС. Кокрановский обзор небольших исследований использования НОАК у пациентов с АФС не выявил достаточных подтверждающих данных за или против применения НОАК при АФС по сравнению с варфарином (Bala et al., 2017). В клинической практике у пациентов с АФС нередко возникают проблемы при подборе дозы варфарина при лабильном между-

народном нормализованном отношении (МНО). Также часть пациентов не может регулярно контролировать МНО после выписки из стационара, что также снижает эффективность и безопасность варфарина. Поэтому существует группа пациентов с АФС и венозными тромбозами, у которых появляется необходимость применения НОАК вместо варфарина, несмотря на отсутствие однозначных рекомендаций.

Цель работы – оценить эффективность и безопасность НОАК у пациентов с АФС и ТЭЛА при длительной антикоагулянтной терапии в сравнении с терапией варфарином.

Проведено нерандомизированное сравнительное исследование НОАК и варфарина при длительной антикоагулянтной терапии у пациентов с АФС и ТЭЛА. В группу наблюдения были включены 39 пациентов с ТЭЛА, проходившие лечение в ГУ РК «Кардиологический

диспансер» в 2014–2016 гг., у которых выявлялись положительные лабораторные маркеры АФС (волчаночный антикоагулянт, циркулирующие антитела к кардиолипину, антитела к β 2-гликопротеину). Средний возраст пациентов составил 45 ± 14 лет, пациентов мужского пола было 50%. Показания к дополнительному обследованию на АФС – возраст пациента моложе 50 лет, наследственный анамнез венозного тромбоза, венозный тромбоз без значимых факторов риска, множественные локализации тромбозов, атипичная локализация венозного тромбоза, рецидив ВТЭ или прогрессирование тромбоза на фоне приема варфарина. Эффективность и безопасность НОАК и варфарина оценивались в течение года после выписки из стационара.

Из группы 39 пациентов с ТЭЛА и АФС к моменту выписки из стационара и в дальнейшем 20 пациентов получали варфарин (51%), 19 пациентов принимали НОАК (49%). Назначение НОАК было обусловлено сложностью подбора дозы варфарина, лабильным МНО, невозможностью контролировать МНО после выписки из стационара. Пациенты обеих групп

были сопоставимы по демографическим показателям. За период наблюдения в течение года после выписки из стационара эпизодов рецидива венозного тромбоза и случаев больших кровотечений в обеих группах не отмечалось.

Назначение НОАК может быть альтернативной стратегией варфарину для длительной антикоагулянтной терапии у пациентов с ТЭЛА и АФС, в первую очередь для пациентов, у которых назначение варфарина проблематично. Для всей группы пациентов с ТЭЛА и АФС решение вопроса о назначении НОАК вместо варфарина может быть отложено до появления результатов проспективных рандомизированных исследований.

ЛИТЕРАТУРА

Решетняк ТМ. Антифосфолипидный синдром: диагностика и клинические проявления // Научно-практическая ревматология. 2014. № 52(1). С. 56–71.

Bala M.M., Celinska-Lowenhoff M., Szot W. et al. Antiplatelet and anticoagulant agents for secondary prevention of stroke and other thromboembolic events in people with antiphospholipid syndrome // Cochrane Database Syst Rev. 2017. V. 2. № 10ю P. CD012–169.

ДИНАМИКА РАСПРОСТРАНЕННОСТИ СИМПТОМОВ БРОНХИАЛЬНОЙ АСТМЫ У ДЕТЕЙ ШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА ГОРОДА СЫКТЫВКАРА ЗА ПЕРИОД 2009–2017 гг.

Э.М. Савельева, В.С. Некрасов, Э.В. Штайнерт, И.А. Безносиков, С.И. Лисевич, А.С. Ракина
Сыктывкарский государственный университет им. Питирима Сорокина, г. Сыктывкар

Бронхиальная астма – одно из наиболее распространенных хронических заболеваний у детей. Знание истинной распространенности бронхиальной астмы и ее динамики важно как с научной, так и с практической точки зрения. Для определения распространенности симптомов этого заболевания и ее динамики в мире широко используются эпидемиологические методы исследования. Самое широкомасштабное эпидемиологическое исследование распространенности симптомов астмы и аллергии у детей – программа ISAAC (International Study of Asthma and Allergies in Childhood), основой которой являются стандартизированные опросники для детей 6–7 и 13–14 лет, позволяющие сравнивать распространенность симптомов астмы между разными странами и регионами.

Цель работы – изучить распространенность астмоподобных симптомов у детей школьного возраста в г. Сыктывкаре, оценить тренды распространенности симптомов бронхиальной астмы за период 2009–2017 гг. с помощью стандартизированных опросников программы ISAAC и сопоставить результаты с показателями других регионов.

В проведении исследования участвовало пять школ г. Сыктывкара. У первоклассников опросники заполняли родители, школьники седьмых классов – самостоятельно. Опросники

не содержали персонифицированной информации и были анонимными. Всего заполнено 855 опросников: 408 – у первоклассников, 447 – у семиклассников. Возврат опросников составил 84%.

Был рассчитан показатель репрезентативности выборки, который составил более 400 детей в каждой возрастной группе. Результаты настоящего исследования сравнивались с данными 2009 г., где использовались аналогичные опросники программы ISAAC. В 2009 г. в эксперименте приняло участие 748 детей из семи школ г. Сыктывкара.

Для оценки значимости различий по качественным критериям между двумя группами использовали критерий χ^2 -тест, статистическая значимость различий принималась при $p < 0.05$.

Распространенность астмоподобных симптомов у детей 13–14 лет составила 15%, что оказалось выше среднего показателя по России, но сопоставимо с уровнем распространенности симптомов астмы в странах Европы. Распространенность астмоподобных симптомов у детей 7 лет составила 5.4%, что было ниже среднего показателя по РФ, но также сопоставимо с показателем распространенности в странах Европы. За восьмилетний период, с 2009 по 2017 г., отмечается прирост распространенности симптомов астмы у детей 13–14 лет на 5% (с 10.2 до

15%). Подобная тенденция наблюдается в России и многих странах Европы (Огнев, 2015; Батоjarгалова и др., 2016).

Показатель распространенности астмоподобных симптомов у детей 13–14 лет оказался выше среднего показателя в России, у детей 7 лет – ниже. В период 2009–2017 гг. распространенность астмоподобных симптомов у детей 13–14 лет увеличилась в 1.5 раза.

ЛИТЕРАТУРА

Огнев В.А. Эпидемиология астмы и аллергии у детей. По материалам международной программы по изучению астмы и аллергии у детей (ISAAC). Харьков: «Щедра садиба плюс», 2015.

Батоjarгалова Б.Ц., Мизерницкий Ю.Л., Подольная М.А. Метаанализ распространенности астмоподобных симптомов и бронхиальной астмы в России (по результатам программы ISAAC) // Российский вестник перинатологии и педиатрии. 2016. № 4. С. 59–69.

ГЕНДЕРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ЛЕЧЕНИЯ БОЛЬНЫХ ОСТРЫМ ИНФАРКТОМ МИОКАРДА

М.А. Синайская¹, О.Н. Курочкина²

¹Центральная поликлиника, г. Сыктывкар

²Сыктывкарский государственный университет им. Питирима Сорокина, г. Сыктывкар

Болезни системы кровообращения и ишемическая болезнь сердца (ИБС), в частности, являются основной причиной смерти в Российской Федерации и во многих других странах мира. В структуре женской смертности на первом месте, как и у мужчин, стоят сердечно-сосудистые заболевания. На основании вышеизложенного становится актуальным изучение особенностей лечения инфаркта миокарда (ИМ) у пациентов различного пола в условиях реальной клинической практики и проведение оценки соответствия данного лечения современным рекомендациям.

Цель работы – оценить гендерные особенности лечения острого инфаркта миокарда.

Проведен фармакоэпидемиологический анализ лечения больных ИМ, госпитализированных в ГБУЗ РК «Кардиологический диспансер» в период с 2003 по 2015 г., в динамике за 13 лет с использованием частотного анализа, АТС/DDD-методологии, VEN-анализа с учетом гендерных особенностей.

В ходе исследования проанализирована 1691 история болезни пациентов с инфарктом миокарда, в том числе 979 мужчин (57.9%) и 712 (42.1%) женщин, средний возраст мужчин составил 61.1 ± 12.3 лет, женщин – 70.8 ± 10.0 . При лечении больных мужского и женского пола частота назначения ЛС, рекомендованных национальными и международными руководствами по лечению ИМ, составила от 87 до 97%. В структуре назначений антикоагулянтов среди пациентов мужского и женского пола лидировал нефракционированный гепарин (НФГ) (более 50% назначений), на второй и третьей позициях – низкомолекулярные гепарины (НМГ) (частота назначения дальтепарина пациентам мужского пола составила 13.6%, женского – 14.8%; эноксапарина – 24.8 и 20.9% соответственно). Ацетилсалициловая кислота назначалась 100% больным ИМ, клопидогрел – в составе двойной антитромбоцитарной терапии, частота его назначений составила 35.8% для больных ИМ мужского пола и 29.4% – для пациентов женского пола за весь период наблюде-

ния. В структуре назначений ИАПФ первое место занимает эналаприл (частота назначения – 56.6% среди мужчин и женщин). В структуре назначений БАБ среди пациентов обоих полов лидируют метопролол (на его долю приходится 42.1% среди мужчин и 48.3% среди женщин) и бисопролол (52.4 и 47.2% соответственно). Наиболее частая комбинация диуретиков – комбинация фуросемида с верошпироном (ее получали 21.7% мужчин, 29.7% женщин). В структуре назначений органических нитратов преобладал изосорбида динитрат (частота его назначения составила 50% для мужчин и женщин). В структуре назначений статинов лидировал аторвастатин (50%). Симвастатин и розувастатин назначались реже. В структуре назначаемых тромболитических ЛС больным ИМпST лидировала стрептокиназа (50.2% мужчин и 60.8% женщин). На втором месте по частоте назначений была проурокиназа – 28 и 26.4% соответственно. Реже назначались альтеплаза и тенектеплаза. В среднем на одного больного мужского пола приходилось 7.8 ± 1.2 ЛС, женского пола – 7.3 ± 1.05 ЛС. Средний койко-день (к/д) больных ИМпST составил 21.6 дней для пациентов мужского пола и 20.3 дней – женского, в группе больных ИМбпST – 20.4 дня и 19.7 дней соответственно. Наиболее интенсивно назначаемые ЛС (величина DDDs/100 к/д. ≥ 30): для больных ИМпST – ацетилсалициловая кислота (96.97 DDDs/100 к/д. для мужчин, 98.5 DDDs/100 к/д. для женщин), НФГ (79.04 и 68.17 DDDs/100 к/д. соответственно), дальтепарин (182.27 и 176.1 DDDs/100 к/д. соответственно), эналаприл (42.14 и 41.48 DDDs/100 к/д. соответственно), изосорбида динитрат (66.51 и 65.05 DDDs/100 к/д. соответственно); для больных ИМбпST – ацетилсалициловая кислота (100 DDDs/100 к/д. для пациентов мужского и женского пола), клопидогрел (35.95 DDDs/100 к/д.), гепарин (86.22 DDDs/100 к/д. для мужчин и 58.38 DDDs/100 к/д. для женщин), дальтепарин (178.89 и 155.41 DDDs/100 к/д. соответственно), эналаприл (56 и 59.43 DDDs/100 к/д. соответственно), изосорбида ди-

нитрат (71.94 и 57.53 DDDs/100к/д. соответственно).

Наблюдалась высокая интенсивность назначения метопролола (величина DDDs/100 к/д. от 20 до 30) среди пациентов женского пола. Так, при ИМпST она составила 25.45 DDDs/100 к/д.; при ИМбпST – 20.18 DDDs/100 к/д. Общий объем потребления ЛС в период 2003–2004 гг., рекомендованных для лечения ИМ с подъемом сегмента ST, составил 582.7 DDD/100 к/д. для пациентов мужского пола и 561.5 DDD/100 к/д. для пациентов женского пола; для лечения ИМ без подъема сегмента ST – 578.7 DDD/100 к/д. и 486.7 DDD/100 к/д. соответственно.

В период 2014–2015 гг. сохраняется наиболее высокая интенсивность назначения препаратов из групп антикоагулянтов и дезагрегантов. По сравнению с 2003–2004 гг. возросла интенсивность назначения клопидогреля, аторвастатина и розувастатина на 90–95%. Увеличился общий объем потребления ЛС, рекомендованных для лечения больных ИМ, в среднем на 30%.

Среди больных ИМпST мужского и женского пола в период 2003–2004 гг. в группу DU-90 вошли шесть препаратов категории «V» (ацетилсалициловая кислота, эналаприл, метопролол, стрептокиназа, антикоагулянты – гепарин, дальтепарин), один препарат категории «Е» (Изосорбида динитрат) и один препарат категории «N» – фозиноприл. В период 2014–2015 гг. количество препаратов категории «V», вошедших в группу DU-90, увеличилось до

восьми (ацетилсалициловая кислота, клопидогрел, гепарин, эноксапарин, бисопролол, эналаприл, аторвастатин и розувастатин). Категория «Е» представлена одним препаратом – изосорбида динитратом. В период 2003–2004 гг. среди пациентов мужского и женского пола с инфарктом миокарда без подъема ST в группу DU-90 вошли пять наименований препаратов категории «V» (ацетилсалициловая кислота, антикоагулянты (гепарин, дальтепарин), эналаприл, метопролол), один препарат категории «Е» – изосорбида динитрат. При лечении пациентов мужского пола назначался препарат категории «N» – фозиноприл. В период 2014–2015 гг. при лечении инфаркта миокарда без подъема сегмента ST среди пациентов мужского и женского пола группа DU-90 представлена только препаратами категории «V»: антиагреганты (ацетилсалициловая кислота и клопидогрел), антикоагулянты (гепарин и эноксапарин), бисопролол, эналаприл и статины (аторвастатин и розувастатин).

Лечение больных инфарктом миокарда в основном соответствует Российским национальным клиническим рекомендациям по диагностике и лечению острого инфаркта миокарда. Частота назначения рекомендованных ЛС составляет от 85 до 97%. В динамике за период наблюдения установлено увеличение частоты назначения статинов, проведения тромболитической терапии; отмечается переход к ЛС с более высоким уровнем доказанной эффективности и безопасности.

ОСОБЕННОСТИ КЛИНИЧЕСКОГО ПРОЯВЛЕНИЯ И ДИАГНОСТИКИ ГИПЕРВЕНТИЛЯЦИОННОГО СИНДРОМА

С.В. Царицын

Гипервентиляционный синдром (ГВС) часто встречается в практике клинициста, особенно в пульмонологической. В клинической картине ГВС одним из основных симптомов является одышка, также нередко встречаются жалобы на сухой кашель и боли в грудной клетке. Кроме того, у пациентов с ГВС при отсутствии жалоб на затруднение дыхания довольно часто констатируются различного рода нарушения дыхательной функции. Преобладание в клинической картине ГВС респираторных жалоб определяет актуальность распознавания данного синдрома в практике врачей общей практики и пульмонологов.

Проведены анализ и обзор литературы по теме ГВС с использованием современных литературных источников.

Манифестация ГВС может происходить на фоне различных заболеваний внутренних органов, среди которых преобладают болезни органов дыхания (83%). Сложной проблемой является взаимосвязь бронхиальной астмы (БА) и ГВС. Среди пациентов с БА распространенность

ГВС выше, чем в общей популяции. ГВС входит в перечень основных состояний, с которыми необходимо дифференцировать БА.

ГВС – это нарушение регуляции дыхания, которое характеризуется избыточной вентиляцией, приводящей к гипокапнии и респираторному алкалозу, что сопровождается разнообразной клинической симптоматикой. В клинической практике необходимо разграничивать понятия «гипервентиляционный синдром» и «гипервентиляция». Под гипервентиляцией понимают увеличение минутного объема дыхания как компенсаторную реакцию при некоторых физиологических (физическая нагрузка, пребывание на высокогорье) и патологических (хроническая сердечная недостаточность, анемия, лихорадка и др.) состояниях. ГВС – это пример неадекватной регуляции дыхания, приводящей к избыточному увеличению объемов легочной вентиляции. При ГВС уровень вентиляции превышает метаболические потребности.

ГВС может развиваться при самых разных психосоматических и функциональных рас-

стройствах, органических заболеваниях и является наиболее частой причиной так называемой «необъяснимой одышки» у пациентов без кардиореспираторной патологии.

Наличие ГВС следует подозревать при следующих симптомах:

1) «поведенческой одышке» (неудовлетворенности вдохом, чувстве нехватки воздуха, паттерне «пустого дыхания», «тоскливых» вздохах, приступообразной зевоте, сопряженной с манипулятивным поведением);

2) усилении дыхательных расстройств при эмоциональной и речевой нагрузках, в закрытых или душных помещениях, при повышенной инсоляции, в присутствии субъективно неприятных запахов;

3) полисистемном характере жалоб и их связи с изменениями паттерна дыхания, при положительном результате Наймигенского вопроса;

4) изменении психоэмоционального статуса пациентов, невротических расстройствах, клинически значимой тревожности по шкале HADS;

5) несоответствии аускультативной картины в легких предъявляемым жалобам;

6) гипокании в артериальной крови, гипоканическом типе вентиляции, положительной ППГВ, по данным капнографии;

7) исключении органической природы симптомов (в первую очередь, респираторной, неврологической, психиатрической и кардиологической патологий). При наличии у больного соматического заболевания констатируется выраженная диспропорция между степенью соматических нарушений и яркостью субъективных ощущений со стороны органов дыхания.

В диагностике ГВС основная роль в постановке диагноза ГВС отводится оценке клинической картины; также используются лабораторные и инструментальные методы выявления гипокании и оценка психического статуса больных.

Особенно важную роль играет комплексная оценка одышки, охватывающая не только количественные, но и качественные характеристики, триггерные факторы, условия возникновения и купирования симптомов. Многообразие ГВС, сложность дифференциальной диагностики требуют тщательного сбора анамнеза.

ЛИТЕРАТУРА

Дараган Н.В., Чикина С.Ю. Гипервентиляционный синдром в практике врача-пульмонолога: патогенез, клиника, диагностика // Пульмонология. 2011. № (5). С. 87–96.

Токарева Н.А. Гипервентиляционный синдром при соматической патологии (на примере бронхиальной астмы и гипертонической болезни) и при органическом неврозе – особенности течения и лечения: Автореф. дис. ... докт. мед. наук. М., 2004.

Смулевич А.Б., Рапопорт С.И., Сыркин А.Л. и др. Органические неврозы: клинический подход к анализу проблемы // Журн. неврол. и психиатр. 2002. № 102 (1). С. 15–21.

Osborne C.A., O'Connor B.J., Lewis A. et al. Hyperventilation and asymptomatic chronic asthma // Thorax. 2000. № 55. P. 1016–1022.

Федеральные клинические рекомендации по диагностике и лечению бронхиальной астмы / Под ред. А.Г. Чучалина. М., 2013.

Global Initiative for Asthma. Global strategy for asthma management and prevention. Updat., 2017.

Респираторная медицина / Под ред. А.Г. Чучалина. М.: «Литтерра», 2017.

АНАЛИЗ КАЧЕСТВА ЛЕЧЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ С ТРОМБОЭМБОЛИЕЙ ЛЕГОЧНОЙ АРТЕРИИ В КЛИНИЧЕСКОЙ ПРАКТИКЕ

П.А. Цуканова, О.В. Шуманская

Сыктывкарский государственный университет им. Питирима Сорокина, г. Сыктывкар

В последнее десятилетие в клинической практике начали использоваться новые оральные антикоагулянты (НОАК) – прямые ингибиторы X фактора (эпиксабан, ривароксабан) и тромбина (дабигатран). Современные рекомендации по антитромботической терапии тромбоза легочной артерии (ТЭЛА) предлагают несколько вариантов антикоагулянтной терапии, в том числе с включением НОАК (Konstantinides et al., 2014). Быстрое начало лечения, тромболитизис при ТЭЛА высокого риска и адекватные дозы антикоагулянтов позволяют значительно снизить риск смерти пациентов с ТЭЛА. Актуальными представляются анализ современных режимов антикоагулянтной терапии у пациентов с ТЭЛА, оценка безопасности и эффективности НОАК в сравнении с традиционными антикоагулянтами в реальной практике.

Цель работы – проанализировать качество лечения пациентов с ТЭЛА в соответствии с современными клиническими рекомендациями в условиях клинической практики в ГУ РК «Кардиологический диспансер». Сравнить результаты с данными Европейского регистра PREFER по оценке ведения острого венозного тромбоза в клинической практике (Cohen et al., 2017).

Проведен ретроспективный анализ истории болезни 185 пациентов с диагнозом ТЭЛА за трехлетний период (2014–2016 гг.), которые были госпитализированы в ГУ РК «Кардиологический диспансер». Средний возраст пациентов с ТЭЛА составил 54,6 года. Соотношение мужчин и женщин – по 50%. ТЭЛА высокого риска отмечалась у 20% пациентов, промежуточного – у 51% и низкого риска – у 29%.

Тромболитическая терапия (ТЛТ) у пациентов с ТЭЛА высокого риска была проведена у 21 из 38 больных (в 55% случаях от пациентов с ТЭЛА высокого риска). В остальных ситуациях ТЛТ была противопоказана или же пациенты переводились из других стационаров, где лечение ТЭЛА высокого риска проходило без ТЛТ, а больные поступали в кардиодиспансер гемодинамически стабильными. Из ТЛТ применялась альтеплаза, режим – 100 мг за 2 ч. Тяжелых геморрагических осложнений ТЛТ не наблюдалось. Госпитальная летальность среди пациентов с ТЭЛА высокого риска составила 10% (умерло четыре пациента из 38), по литературным данным, госпитальная летальность при ТЭЛА высокого риска составляет 30% (Konstantinides et al., 2014).

При лечении пациентов с ТЭЛА невысокого риска в течение первых 10 дней использовались низкомолекулярные гепарины (НМГ) в лечебной дозе, рассчитываемой по массе тела пациента, и далее пациент переводился на оральные антикоагулянты. В случае назначения варфарина (27% пациентов) НМГ отменялся после достижения целевого показателя международного нормализованного отношения (МНО). Варфарин для продленного лечения назначался при возможности регулярного контроля МНО после выписки и предпочтения пациента. Новые оральные антикоагулянты были назначены 62% пациентам после 10-дневного введения НМГ. По данным Европейского регистра веноз-

ных тромбозов, 49% пациентов для продленной терапии получали варфарин, 25% – НОАК (Cohen et al., 2017). У пациентов с онкологическим заболеванием (11% от всех пациентов с ТЭЛА) НМГ оставались для продленной антикоагулянтной терапии. Фатальных кровотечений и внутричерепных кровотечений при использовании антикоагулянтов (НМГ, НОАК или варфарина) у пациентов с ТЭЛА не отмечалось. Всего за три года рецидивы ТЭЛА после первичного лечения развились только у пяти больных (2.7%), из них в четырех случаях рецидивы ТЭЛА произошли из-за нарушения пациентами режима приема антикоагулянтов.

В условиях кардиодиспансера пациенты с ТЭЛА получали оптимальную антитромботическую терапию, соответствующую клиническим рекомендациям. По сравнению с Европейским регистром венозных тромбозов для продленной антикоагулянтной терапии чаще использовались НОАК и значительно реже – варфарин.

ЛИТЕРАТУРА

Konstantinides S.V., Torbicki A., Agnelli G. et al. ESC Guidelines on the diagnosis and management of acute pulmonary embolism: The Task Force for the Diagnosis and Management of Acute Pulmonary Embolism of the European Society of Cardiology // Eur. Heart. J. 2014. V. 34. P. 3033–3073.

Cohen A.T., Anselm K.G., Bauersachs R. et al. The management of acute venous thromboembolism in clinical practice. Results from the European PREFER in VTE Registry // Tromb. Haemost. 2017. V. 117. P. 1326–1337.

ОЗОНИРОВАНИЕ ЗАРАЖЕННЫХ БИОМАТЕРИАЛОВ С ЦЕЛЬЮ ПЕРЕВОДА ИХ ИЗ КАТЕГОРИИ КЛАССОВ «Б» И «В» В КЛАСС «А»

А.А. Шумилова

Сыктывкарский государственный университет им. Питирима Сорокина, г. Сыктывкар

Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) в 1979 г. отнесла медицинские отходы к группе опасных и указала на необходимость создания специальных служб по их переработке. В связи с этим велась разработка аппаратного комплекса, способного перерабатывать эти материалы путем деструктурирования и обработки озоном.

Зачастую именно наличие на поверхности биологических жидкостей является фактором опасности. В связи с этим отходы делятся на классы:

Класс А – эпидемиологически безопасные отходы, приближенные по составу к твердым бытовым отходам (далее – ТБО). Класс Б – эпидемиологически опасные отходы. Класс В – чрезвычайно эпидемиологически опасные отходы. Класс Г – токсикологически опасные отходы 1–4 классов опасности. Класс Д – радиоактивные отходы.

Перед тем, как провести обезвреживание, нужно транспортировать отходы. Также в со-

ответствии с СанПиН 2.1.7.2790-10, медицинские отходы должны быть не только обезврежены, но и деструктурированы, т.е. перемолоты.

Данные мероприятия проводятся с целью предотвращения попадания зараженных отходов в окружающую среду. Конечно, это достаточно долгий, затратный, сложный процесс. Цель проекта – упростить эти процедуры.

Работа устройства напоминает действие конвейера:

1. Зараженные биоматериалы загружаются в блок размещения зараженных биоматериалов, который представляет собой металлический бак, в крышку которого вмонтирован озонатор.

2. Крышка бака опускается, герметично закрывая бак, и начинается заполнение бака водой при помощи блока подачи и слива холодной воды. Когда бак заполнится, срабатывают датчики заполнения, и подача воды прекращается.

3. Включается озонатор и обрабатывает содержимое бака.

4. Происходит сброс воды при помощи блока подачи и слива холодной воды.

5. Обработанные биоматериалы перемещаются в камеру деструкции, где происходит их перемалывание.

6. Обеззараженные и деструктурированные материалы покидают устройство.

Весь процесс контролирует оператор, который сидит за сенсорной панелью управления. Перемещение биоматериалов из камеры в камеру пока механическое, но планируется автоматизировать этот процесс.

Необходимая мощность озонатора (концентрация озона в воде и длительность обработки) установлена эмпирическим путем. В ходе экспериментов определены необходимые параметры мощности газоразрядных ламп для озонатора. В настоящее время идет сборка устройства. Дальнейшие испытания будут проводиться, как только устройство будет готово.

В ходе дальнейших испытаний предстоит определить мощность самой установки. Зараженные биоматериалы будут обрабатываться озоном, после чего их транспортируют в лабораторию Роспотребнадзора. Если экспертиза установит, что биоматериалы обезврежены, значит, мощности озонатора достаточно, чтобы провести их обработку. Таким образом, будут установлены необходимые параметры установки, которые разместятся в модуле управления.

Работа устройства будет контролироваться на программном уровне. В случае поломки озонатора сработает система оповещения, и будут проведены соответствующие корректировки.

Озонирование применяется в озон-терапевтических установках, системах обеззараживания воды и злаков. На данный момент озонирование зараженных биоматериалов с целью перевода их из классов «Б», «В» в класс «А» не используется.

Обезвреженные и деструктурированные материалы могут быть вторично использованы. Такая перспектива открывает прекрасные возможности не только для сохранения окружающей среды, но и для оптимизации экономики. Разработанные системы обезвреживания медицинских отходов в России в настоящее время в практическом исполнении несовершенны. Примером тому может служить мусоросжигательный завод, к его недостаткам можно отнести высокую экономическую себестоимость (строительство, проведение коммуникаций), фактор загрязнения окружающей среды, временные затраты. Обезвреживание материалов путем озонирования намного дешевле, быстрее и качественнее.

В качестве потребителей выступают учреждения сферы здравоохранения, спорта, туризма, пенитенциарные системы и юридические лица, производящие биоматериалы.

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ НАУКИ – МЕДИЦИНЕ

ВЕГЕТАТИВНЫЙ СТАТУС СЕРДЕЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ДЕВОЧЕК 7–8 ЛЕТ В УСЛОВИЯХ АДАПТАЦИИ К ШКОЛЬНОЙ СРЕДЕ

И.Н. Балясников^{1, 2}, А.С. Шилов^{1, 2}

¹ Сыктывкарский государственный университет им. Питирима Сорокина, г. Сыктывкар

² Вильгортская научно-экспериментальная биологическая станция, г. Сыктывкар

Имеется множество различных противоречивых данных о влиянии условий обучения на функциональное состояние организма школьников. Однако среди них преобладает точка зрения об отрицательном влиянии нерационально организованного процесса обучения и повышенных учебных нагрузок на здоровье будущего трудового потенциала страны.

Исследование проводилось на учениках первого класса (девочки) на базе школы № 30 г. Сыктывкара в медицинском кабинете. В целях изучения динамических рядов кардиоинтервалов и определения функционального состояния механизмов кардиорегуляции велась запись электрокардиограммы в положении лежа после 10-минутного отдыха со скоростью 25 мм/с на системе регистрации и передачи физиологических сигналов по радиоканалу полиспектр-радио при помощи программы «Поли-Спектр» («Нейрософт», Россия).

В результате анализа динамической характеристики сердечно-сосудистой системы с помощью кардиоинтервалографии было выявлено следующее. Вариационный размах указывает на высокую активность парасимпатического отдела вегетативной нервной системы, что соответствует антистрессорному влиянию за счет медиатора парасимпатической системы и снижения ацетилхолином чувствительности адренорецепторов к действию адреналина и норадреналина. Норма отмечается у 27% испытуемых, симпатикония наблюдается у 18%, а ваготония – у 55% исследуемых девочек 7–8 лет. Индекс вегетативного равновесия при средней арифметической находится выше нормы, что указывает на усиление симпатической активности и централизацию управления ритма сердца. У 41% исследуемых вегетативный баланс смещен в сторону симпатии, что свидетельствует о повышенном уровне функционирования организма, что повышает защитные реакции и барьерные механизмы. У большинства (54%) данный показатель в норме, и только у 5% исследуемых преобладает парасимпатическое воздействие вегетативной регуляции

сердечного ритма. Индекс напряжения показывает, что усилен тонус симпатической нервной системы и повышен уровень функционирования организма. Этот показатель чрезвычайно чувствителен, небольшая нагрузка (физическая или эмоциональная) увеличивает ИН в 1.5–2 раза, по этой причине, вероятнее всего, процентное соотношение нормы имеет разброс, и в норме индекс напряжения отмечен всего у 11% девочек. У 46% же показатель указывает на преобладание вагусной системы в регуляции гомеостаза организма. У 43% девочек ИН находится выше нормы и, возможно, мобилизуются скрытые функциональные резервы для поддержания внутренней среды организма. Вегетативный показатель ритма повышен, что позволяет говорить о смещении вегетативного баланса в сторону преобладания симпатической регуляции за счет усиленной деятельности желез внутренней секреции и указывает на усиление автономной регуляции, т.е. влияние дыхания на ритм сердца. Процентное соотношение указывает на то, что практически у всех исследуемых происходит адаптация организма к напряженной работе в условиях школьной среды именно за счет симпатических влияний. Показатель адекватности процессов регуляции также находится выше нормы. Это позволяет судить о централизации управления ритмом сердца за счет высших регуляторных систем и свидетельствует об активации симпатического отдела вегетативной нервной системы, преобладании его над парасимпатическим, что является универсальным неспецифическим адаптационным механизмом при психоэмоциональном напряжении. По процентному соотношению видно, что у 9% исследуемых данный показатель находится в норме, у 28% – ниже нормы и преобладание парасимпатической системы в регуляции ритмом сердца, у 67% – за счет симпатической вегетативной нервной системы.

Проанализировав полученные показатели, можно говорить об усиленном тонусе симпатической нервной системы, а также повышенном уровне функционирования организма и запу-

ценных гормональных реакциях. Но при всем этом как противовес вариационный размах показал нам, что у большинства наблюдаются ваготония и высокая активность парасимпатического отдела, оказывая антистрессорное влияние. Приспособительные реакции вегетативной нервной системы в целом находятся на хоро-

шем уровне, в отдельных случаях отмечается централизация управления ритмом сердца за счет высших регуляторных систем, что является универсальным неспецифическим адаптационным механизмом при психоэмоциональном напряжении.

ОЦЕНКА ИНАКТИВИРУЮЩЕГО ЭФФЕКТА ДЕФОРМАЦИИ МИОКАРДА

К.А. Бутова¹, О.Н. Лукин^{1,2}

¹Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург

²Институт иммунологии и физиологии УрО РАН, г. Екатеринбург

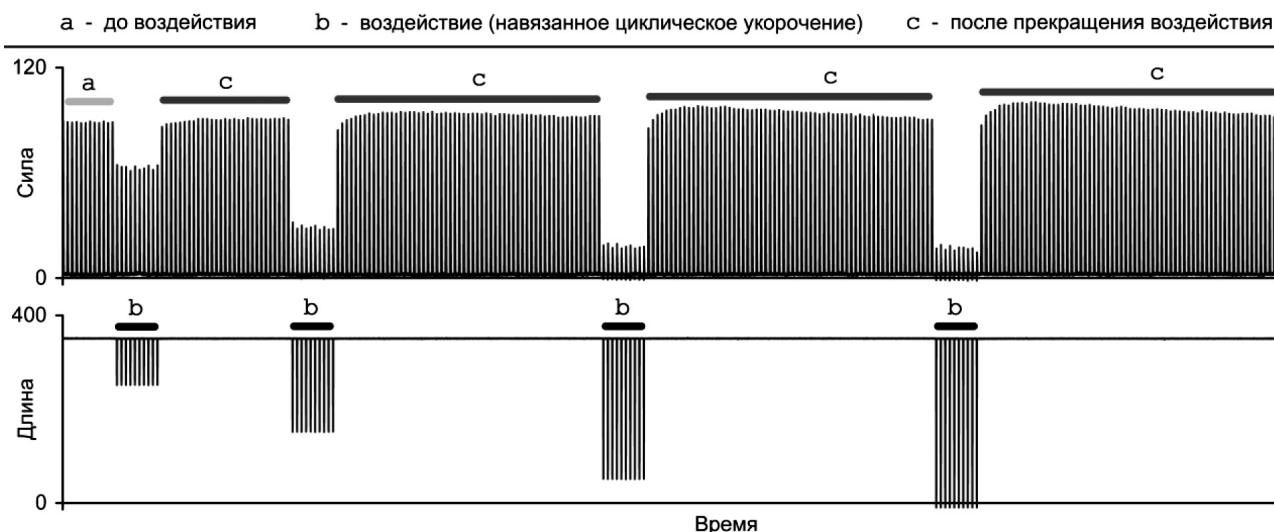
Механические условия, при которых происходит развитие сократительного ответа сердечной мышцы, являются одним из важнейших факторов, влияющих на сократительную способность миокарда и оптимальное выполнение насосной функции сердца (Myofilament..., 2010). На уровне целого органа в условиях *in vivo* происходит динамическое изменение нагрузки, задаваемой на кардиомиоциты, а также их деформации в ходе формирования сердцем сократительного ответа (Myofilament, 1985). При этом в фазу систолы сердечных камер наблюдается снижение сократительной способности кардиомиоцитов вследствие их укорочения; данный эффект обусловлен влиянием длины сердечной клетки на актин-миозиновое взаимодействие и кооперативную (ин)активацию регуляторных белков саркомера (Myofilament..., 2010). Кроме того, выраженность инактивации сократительной способности клеток сердца зависит от функционального состояния миокарда. Следовательно, характер изменения сократительной способности миокарда при резкой смене механических условий сокращения может быть предиктором патологических изменений.

Цель работы – разработка методов оценки сократительного потенциала сердечной мыш-

цы, которые бы учитывали условия механической деформации и нагрузки в процессе развития мышцей сократительного ответа.

Для прямой оценки влияния деформации на сократительную активность миокарда были разработаны биомеханические тесты, с помощью которых определяли дефицит силы изометрического сокращения после серии предшествующих искусственно задаваемых укорочений (см. рисунок). Тестировали степень инактивации укорочением при вариации: 1) амплитуды укорочения, 2) длительности укорочения, 3) числа последовательно задаваемых укорочений. Эти тесты проводили при различной степени растяжения мышцы (преднагрузке), заданной в % от оптимальной длины мышцы L_{MAX} с фиксированным шагом (80, 85, 90, 95 и 100%).

Для каждой преднагрузки выполняли тесты при вариации амплитуды (от 50 до 500 мкм с шагом 50–100 мкм) и/или длительности (от 100 до 800 мс с шагом 100–200 мс) укорочений; при этом серии укорочений перемежались с сериями изометрических сокращений, когда длина мышцы оставалась постоянной. Также проводили тест влияния числа последовательно идущих укорочений (1, 3, 5, 10, 30, 60) заданной амплитуды и длительности на степень инактивации сократимости мышцы, с чередованием се-



Дефицит силы изометрического сокращения после серии предшествующих искусственно задаваемых укорочений.

рий укорочений и изометрических сокращений. Вследствие того, что при изометрическом режиме отсутствует геометрический компонент инактивации укорочением, по величине развиваемого в данном режиме мышцей усилия оценивали инактивирующий эффект.

Таким образом, сравнивая величину силы сокращения мышцы, подвергшейся искусственному укорочению, с величиной усилия, развиваемого в отсутствие изменения длины, представляется возможным оценить влияние различных механических условий на степень инактивации сократительного ответа мышечного препарата. Разработанные биомеханические тесты могут быть использованы для определения сократительного потенциала сердечной мышцы в ус-

ловиях динамического изменения ее длины при сокращении на разных преднагрузках.

Работа поддержана РФФИ (грант № 18-04-00572) и программой ФНИ государственных академий наук на 2013–2020 гг. в ИИФ УрО РАН (тема 65.5).

ЛИТЕРАТУРА

Myofilament length dependent activation / P. P. de Tombe, R. D. Mateja, K. Tachampa et al. // Journal of molecular and cellular cardiology. 2010. Т. 48. N. 5. P. 851–858.

Nichols C. G. The influence of 'diastolic' length on the contractility of isolated cat papillary muscle // The Journal of physiology. 1985. Т. 361. N. 1. P. 269–279.

ЭРИТРОЦИТЫ СОБАКИ КАК ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ НОСИТЕЛИ ЦЕФАЛОСПОРИНОВОГО АНТИБИОТИКА

А.Г. Ивонин

Вильгортская научно-экспериментальная биологическая станция, г. Сыктывкар

Одним из способов модификации фармакодинамических и фармакокинетических свойств антибиотиков является заключение их в аутологичные эритроциты. Применение эритроцитов в качестве «контейнеров» для антибиотиков позволяет снизить пиковую концентрацию препаратов в плазме крови в момент введения, увеличить время циркуляции лекарственных средств в кровеносном русле, обеспечить эффект «адресной доставки» лекарств в органы, богатые эритрофагоцитирующими клетками (Lewis, Alpar, 1984). Побочное действие антибиотиков, иммобилизованных в эритроцитарные носители, по сравнению с традиционными формами препаратов минимально (Генинг и др., 1988). Цефтриаксон (ЦТР) относится к цефалоспориновым антибиотикам III поколения. Препарат обладает широким спектром антимикробной активности и широко используется в медицине и ветеринарии. В то же время сведения о возможности получения эритроцитарной формы ЦТР крайне малочисленны. Практически не изучено влияние насыщения эритроцитов ЦТР на морфологические параметры клеток. Результаты исследований в этом направлении могут расширить представления о характере взаимодействия цефалоспориновых антибиотиков с эритроцитарной мембраной в условиях экстракорпоральной (вне тела) обработки клеток, откроют возможности для прогнозирования поведения эритроцитов-переносчиков в организме.

Цель работы – определить эффективность включения ЦТР в эритроциты собаки и провести оценку морфологических свойств эритроцитов, подвергнутых «загрузке» антибиотиком.

Объектом исследования являлись эритроциты гепаринизированной (5.0 ЕД/мл) венозной крови клинически здоровых собак (n=10). Эритроциты отделяли от плазмы и других форменных элементов крови центрифугированием (1000 g, 10 мин, 4 °C) и дважды отмывали фосфатно-солевым буфером (рН 7.4). Для насыщения эритроцитов ЦТР применяли совместную инкубацию клеток с препаратом в буферном растворе при 37 °C в течение 20 мин. Гематокрит суспензии составлял 80%, концентрация антибиотика – 20.0 мг/мл. В качестве «корректора» связывания ЦТР с эритроцитами использовали диметилсульфоксид (ДМСО) в концентрации 1.0 мг/мл. Количество антибиотика, связавшегося с эритроцитами, определяли методом диффузии в агар (Антибиотики..., 1988) после лизирования клеток в дистиллированной воде. Морфологию эритроцитов изучали при помощи сканирующего электронного микроскопа JSM-6510 LV («Jeol», Япония) при ускоряющем напряжении 15 кВ. Количественное распределение морфологических форм клеток в препаратах оценивали по методике (Козинец, Симоварт, 1984). Данные представлены в виде среднего значения ± среднеквадратичное отклонение. Для определения внутригрупповых различий между средними величинами применяли критерий Манна-Уитни.

В ходе инкубации эритроцитов собаки с ЦТР в клетки включалось 65.5±5.4% препарата. Поскольку молекулы цефалоспоринов имеют в своем составе ионогенные группы (Чуев и др., 1997), связывание ЦТР с эритроцитами могло объясняться фиксацией антибиотика на клеточной мембране. Кроме того, вероятно, имело место проникновение препарата внутрь эритроцитов вследствие повышения проницаемости мембран, индуцированного ДМСО. Электронно-микроскопические исследования показали, что насыщение эритроцитов ЦТР сопровождалось существенными изменениями поверхностной архитектоники клеток. При обработке эритроцитов антибиотиком по сравнению с контролем отмечались изменения морфологии клеток, в частности, увеличение их диаметра, изменение формы, появление выростов и углублений на поверхности. Эти изменения были более выражены у клеток, обработанных ЦТР в присутствии ДМСО, чем у клеток, обработанных ЦТР в буферном растворе.

Выводы: эритроциты собаки могут быть использованы в качестве носителей антибиотиков. Заключение антибиотика в эритроциты собаки приводит к изменению морфологии клеток, что может быть связано с взаимодействием антибиотика с клеточной мембраной. Включение антибиотика в эритроциты собаки приводит к увеличению их диаметра, изменению формы, появлению выростов и углублений на поверхности. Эти изменения были более выражены у клеток, обработанных ЦТР в присутствии ДМСО, чем у клеток, обработанных ЦТР в буферном растворе.

нию с контролем (клетками, находящимися в изотонической среде) происходило значительное сокращение доли дискоцитов ($с\ 81.9 \pm 3.2$ до $0.3 \pm 0.1\%$, $p < 0.01$) и увеличение количества клеток с наружными выростами ($с\ 9.2 \pm 0.8$ до $94.8 \pm 4.9\%$, $p < 0.01$). Согласно гипотезе сопряженного бислоя (Sheets, Singer, 1974), к появлению отростчатых морфологических форм эритроцитов (так называемых эхиноцитов) может приводить встраивание экзогенных веществ во внешний монослой клеточной мембраны. Наблюдаемая нами эхиноцитарная трансформация эритроцитов, возможно, была обусловлена накоплением молекул ЦТР преимущественно в наружном слое мембраны и его непропорциональным расширением. Эритроциты, утратившие форму двояковогнутого диска, необходимым для эффективного осуществления газо-транспортной функции, подвергаются захвату и разрушению клетками ретикулоэндотелиальной системы, главным образом печени и селезенки (Cross-linking..., 1998). Поэтому можно допустить, что эритроциты, модифицированные в ходе обработки ЦТР, в процессе циркуляции будут утилизироваться в вышеуказанных органах с созданием высоких локальных концентраций транспортируемого антибиотика.

Эритроциты собаки способны связывать ЦТР из инкубационной среды *in vitro*, что свидетельствует о потенциальной возможности их применения в качестве носителя этого антибиотика. Экстракорпоральное насыщение эри-

троцитов ЦТР сопровождается трансформацией клеток по типу «дискоцит-эхиноцит». Полученные результаты позволили сделать предположение о механизмах включения препарата в эритроциты и его высвобождения из клеток в условиях *in vivo*.

ЛИТЕРАТУРА

Антибиотики, сульфаниламиды и нитрофураны в ветеринарии / В.Ф. Ковалев и др. М.: Агропромиздат, 1988. 223 с.

Генинг Т.П., Колкер И.И., Жумадилов Ж.Ш. Использование форменных элементов крови для направленной доставки химиотерапевтических и диагностических препаратов в очаг поражения // Антибиотики и химиотерапия. 1988. Т. 33. № 11. С. 867–871.

Козинец Г.И., Симоварт Ю.А. Поверхностная архитектура клеток периферической крови в норме и при заболеваниях системы крови. Таллин: Валгус, 1984. 116 с.

Чуев П.Н., Кресюн В.И., Каташинский О.Ю. Клиническая фармакология цефалоспоринов. Одесса: Черноморье, 1997. 136 с.

Cross-linking treatment of loaded erythrocytes increases delivery of encapsulated substance to macrophages / F.J. Alvarez et al. // Biotechnol. Appl. Biochem. 1998. Vol. 27. № 2. P. 139–143.

Lewis D.A., Alpar H.O. Therapeutic possibilities of drugs encapsulated in erythrocytes // Int. J. Pharm. 1984. Vol. 22. № 7. P. 137–146.

Sheets M.P., Singer S.J. Biological membranes as bilayer couples. A molecular mechanism of drug-erythrocyte interactions // Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 1974. Vol. 71. № 11. P. 4457–4461.

КАЧЕСТВЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗДОРОВЬЯ СТУДЕНТОВ СЫКТЫВКАРСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА им. ПИТИРИМА СОРОКИНА

А.Н. Ислямова¹, А.С. Шилов^{1,2}

¹ Сыктывкарский государственный университет им. Питирима Сорокина, г. Сыктывкар

² Вильгортская научно-экспериментальная биологическая станция, г. Сыктывкар

В студенческий период жизни больше всего приходится переживать состояния невротического типа. Эти психогенные расстройства могут пагубно отразиться на здоровье студента. В большей степени за это отвечает вегетативная нервная система (ВНС). В норме вегетативная нервная система, составляя часть общей нервной системы, представляет собой комплекс клеток, которые регулируют иннервацию всех внутренних органов и систем, кровеносных и лимфатических сосудов, а также желез внутренней и внешней секреции. Работа и функции вегетативной нервной системы не подчиняются человеку и не управляются им. Актуальность работы определяется тем, что в последнее время отмечается увеличение количества нервно-психических расстройств, из которых значительную долю составляют неврозы.

Цель работы – охарактеризовать проявления невротических состояний студентов-спортсменов разных курсов по гендерному признаку

Сыктывкарского государственного университета им. Питирима Сорокина.

Для первого этапа исследования по данному направлению в период обучения с 2016/2017 г. студентам было предложено пройти анкетирование на выявление невротических сдвигов и определить уровень эмоциональной возбудимости студентов Института социальных технологий, а именно кафедр «Теоретических и медико-биологических основ физической культуры» и «Безопасности жизнедеятельности». В исследовании приняли участие студенты с I по V курс, в общей сложности 105 чел. Для обследования использовались опросники К.К. Яхина, Д.М. Менделевича (1978). Опросник невротизации дает возможность качественного анализа невротических проявлений, позволяет выявить основные синдромы невротических состояний. Анкета-опросник состоит из 68 вопросов и включает в себя шесть шкал: тревога, невротическая депрессия, астения, истерический тип

реагирования, обсессивно-фобические нарушения (навязчивости). Нормами в данных критериях является коэффициент $+1.28$ и -1.28 . Второй опросник – «Шкала эмоциональной возбудимости». Его используют как для быстрой оценки общего уровня выраженности нейротизма личности, так и его отдельных компонентов, таких как общая эмоциональность, гнев, робость и отсутствие контроля над эмоциями.

Результаты по астенической выраженности, истерическому уровню, а также обсессивно-фобическим реакциям являются самыми информативными. Астенией называют состояние, при котором отмечается повышенный уровень утомляемости, частая смена настроения, слабость, раздражительность, расстройства сна и вегетативной нервной системы. Принимая во внимание оценку данных, можно отметить, что уровень выраженности астении находится на среднем уровне как у юношей, так и у девушек. Однако ввиду определенных факторов при расшифровке данных было установлено, что уровень астенических сдвигов у юношей незначительно выше (0.571), чем у девушек (0.494). Вероятно, это может быть связано с большими переживаниями внутреннего характера. Как известно, девушки более стрессоустойчивы и им проще «выплеснуть» свои эмоции, нежели молодым людям.

Уровень истерического типа реагирования находится примерно на равном уровне и входит в пределы нормы для данного критерия. У юношей этот показатель составил $+0.282$, у девушек – $+0.260$. Однако это может предполагать под собой низкую устойчивость к истерическим сдвигам в обеих группах и истериче-

ский фон студентов-спортсменов, так как значения выше отрицательных, но ниже показателя здорового состояния по этому критерию. Также можно отметить, что у девушек предел погрешности чуть выше, это можно связать с характерными эмоциональными потрясениями и перепадами. Уровень обсессивно-фобических реакций у девушек оказался ниже, чем у юношей, однако пределы погрешности почти в два раза превышают норму как в положительную, так и в отрицательную сторону. Это объясняется тем, что фобии подразумевают замещение переживания тревожности страхом, при этом «выбирается» специфичный и конкретный объект или ситуация вместо неопределенной направленности тревожности, где девушки более эмоционально реагируют на какие-либо трудности. Следовательно, девушки более подвержены обсессивно-фобическим реакциям.

ЛИТЕРАТУРА

- Лакосина Н.Д., Трунова М.М. Неврозы, невротические развития личности и психопатии: клиника и лечение. М.: Медицина, 1994. 192 с.
- Неврозы (руководство для врачей): учебник / Под ред. А. М. Свядощ. СПб.: Питер Паблишинг, 1997. 448 с.
- Ушаков Г.К. Пограничные нервно-психические расстройства. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Медицина, 1987. 304 с.
- Чеснова Г.В. Эмоциональное и ментальное здоровье. [Электронный ресурс]: 2013. Электрон. дан. Сочи: АСТ, 2013.
- Яхин К.К., Менделевич Д.М. Клинический опросник для выявления и оценки невротических состояний // Клиническая и медицинская психология: учеб. пособ. для вузов. М.: Академия, 2005. 432 с.

ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПОЛЕ СЕРДЦА ЧЕЛОВЕКА В ПЕРИОД РЕПОЛЯРИЗАЦИИ ЖЕЛУДОЧКОВ ПРИ ОСТРОЙ НОРМОБАРИЧЕСКОЙ ГИПОКСИИ ДО И ПОСЛЕ ИНТЕРВАЛЬНЫХ ГИПОКСИЧЕСКИХ ТРЕНИРОВОК

Е.В. Замина

Вильгортская научно-экспериментальная биологическая станция, г. Сыктывкар

Интервальные гипоксические воздействия широко используются в медицине и спортивной физиологии, способствуют повышению функциональных возможностей организма, формированию неспецифической резистентности (Волков и др., 1998; Горанчук и др., 2003; Лукьянова, Ушаков, 2004; Колчинская, 2008). В условиях гипоксии изучение функционирования сердца, как центрального звена сердечно-сосудистой системы, обеспечивающей доставку и транспорт кислорода в организме, приобретает большое значение для понимания механизмов регуляции и стабилизации постоянства внутренней среды организма. Функциональные изменения работы сердца отражаются на электрофизиологических свойствах сердечной мышцы; одним из информативных способов изучения его электрической

активности является кардиоэлектротопография (Рощевская, 2008; De Ambroggi, Corlan, 2011; Пантелеева и др., 2014; Пантелеева, Рощевская, 2016; Замина и др., 2017; Ramanathan et al., 2006), которая показала перспективность данного подхода для изучения функционального состояния миокарда при воздействиях различного генеза.

Цель работы – исследовать электрическое поле сердца методом кардиоэлектротопографии на поверхности тела человека в период реполяризации желудочков при острой нормобарической гипоксии до и после курса интервальных гипоксических тренировок.

В обследовании приняли добровольное участие 14 практически здоровых мужчин (19.7 ± 0.9 лет, масса тела – 74.4 ± 9.8 кг, длина тела –

177.2±6.4 см), предварительно ознакомленных с целью исследования, возможных субъективных ощущениях и давших добровольное письменное согласие на участие. Гипоксическое воздействие (ГВ) осуществляли экзогенно через лицевую маску в течение 15 мин в условиях нормального атмосферного давления с использованием гипоксической газовой смеси (содержание кислорода – 12.3%) в положении обследуемого полусидя в кресле. Курс интервальных гипоксических тренировок (ИГТ) продолжался 19 дней в интервальном режиме. За одну тренировку испытуемые в течение нескольких циклов попеременно дышали атмосферным воздухом (нормоксия) и гипоксической смесью. На протяжении всего периода тренировок временное соотношение циклов гипоксия-нормоксия постепенно менялось. В исходном состоянии на каждой минуте ГВ и нормоксии у обследованных синхронно с биполярными ЭКГ в отведениях от конечностей регистрировали униполярные ЭКГ от 64 электродов, расположенных равномерно на торсе, при помощи автоматизированной системы (Система..., 2005). Согласно регистрируемым кардиопотенциалам, выстраивали эквипотенциальные моментные карты, по которым анализировали амплитуды и время достижения положительным (максимумом) и отрицательным (минимумом) экстремумами максимальных значений на поверхности тела в период реполяризации желудочков сердца при ГВ до и после курса ИГТ. Статистическую обработку данных проводили пакетом Statistica 6.0. (StatSoft, USA). Полученные результаты по критерию Шапиро-Уилка имели нормальное распределение, статистическую значимость различий оценивали *t*-критерием для двух зависимых выборок «до-после» и независимых переменных между сравниваемыми группами. Данные представлены в виде средней арифметической ± стандартное отклонение. Различия считали статистически значимыми при $p < 0.05$.

В исходном состоянии после курса ИГТ амплитуды экстремумов и время достижения ими максимальных величин существенно не различались с таковыми до ИГТ. При воздействии острой гипоксии до и после ИГТ существенных изменений в амплитуде положительного экстремума не выявлено. Максимальная амплитуда отрицательного экстремума при ГВ после курса ИГТ меньше, чем до ИГТ ($p < 0.05$). Во время ГВ после ИГТ отмечено существенное увеличение времени достижения экстремумами максимальных значений. При восстановлении после гипоксического воздействия до ИГТ амплитуда экстремумов достигала исходного уровня, после ИГТ – не восстанавливалась до исходных значений. При нормоксии время достижения максимальной амплитуды положи-

тельным кардиопотенциалом за период реполяризации после ИГТ не восстановилось до исходных значений, время минимума – вернулось к исходному уровню. Анализ электрического поля сердца у обследованных нами людей показал, что при воздействии острой гипоксии большей частью меняются не амплитудные, а временные характеристики электрической активности сердца.

При анализе электрического поля сердца выявлены изменения амплитудно-временных характеристик экстремумов и на острое воздействие по сравнению с исходным состоянием, и в сравнительном аспекте действия интервальных тренировок.

ЛИТЕРАТУРА

Волков Н.И., Стенин Б.А., Сокунова С.Ф. Эффективность интервальной гипоксической тренировки при подготовке конькобежцев высокой квалификации // Теория и практика физической культуры. 1998. № 3. С. 8–13.

Горанчук В.В., Сапова Н.И., Иванов А.О. Гипокситерапия. СПб., 2003. 536 с.

Заменина Е.В., Пантелеева Н.И., Роцевская И.М. Электрическое поле сердца человека в период реполяризации желудочков при гипоксическом воздействии // Физиологический журнал им. И.М. Сеченова. 2017. Т. 103. № 11. С. 1330–1339.

Колчинская А.З. Интервальная гипоксическая тренировка в спорте высших достижений // Спортивная медицина. 2008. № 1. С. 9–24.

Лукьянова Л.Д., Ушаков И.Б. Проблемы гипоксии: молекулярные, физиологические и медицинские аспекты. М.: Истоки, 2004. 590 с.

Пантелеева Н.И., Стрельникова С.В., Роцевская И.М. Электрическая активность сердца в период реполяризации желудочков у спортсменов-пловцов при физической нагрузке // Физиологический журнал им. И.М. Сеченова. 2014. Т. 100. № 11. С. 1346–1354.

Пантелеева Н.И., Роцевская И.М. Электрическое поле сердца на поверхности торса у спортсменов-пловцов в период реполяризации желудочков в условиях острой нормобарической гипоксии // Физиологический журнал им. И.М. Сеченова. 2016. Т. 102. № 11. С. 1383–1393.

Роцевская И.М. Кардиоэлектрическое поле теплокровных животных и человека. СПб.: Наука, 2008. 250 с.

Система «КАРДИОИНФОРМ» для визуализации и анализа кардиологического поля / М.П. Роцевский, Н.В. Артеева, Н.Л. Коломеец // Медицинский академический журнал. 2005. Т. 5. № 3. С. 74–79.

De Ambroggi L., Corlan A.D. Body Surface Potential Mapping // Comprehensive Electrocardiology. Springer Verlag. London Limited. 2011. Vol. 3. P. 1375–1415.

Ramanathan C., Jia R., Ghanem R., Ryu K., Rudy Y. Activation and repolarization of the normal human heart under complete physiological condition // Biomed. Engineering. 2006. Vol. 103. N 16. P. 6309–6314.

ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАФИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ В ДЕЯТЕЛЬНОСТИ МОЗГА СТУДЕНТОВ-СПОРТСМЕНОВ ПРИ РАЗВИВАЮЩЕЙСЯ ГИПОКСЕМИИ ОРГАНИЗМА

В.Д. Изъюров¹, А.С. Шилов^{1,2}

¹ Сыктывкарский государственный университет им. Питирима Сорокина, г. Сыктывкар

² Вильгортская научно-экспериментальная биологическая станция, г. Сыктывкар

В практике спорта высших достижений спортсмены в своей подготовке испытывают физические и психологические нагрузки около предельного и запредельного характера. Это предопределяет важность высокого уровня научных представлений о холистической и частой структуре физиологического механизма адаптации при повышении функциональных резервов во время увеличивающейся нагрузки.

Цель настоящего исследования – анализ нейрофизиологических особенностей в изменении ритмов корковых центров головного мозга при срочных адаптационно-приспособительных реакциях спортсмена к гипоксическому воздействию.

Серии исследований выполнены на молодых мужчинах 18–24 лет (n=3). Уровень их физического развития в среднем по выборке составил: масса тела – 68.5 ± 2.4 кг; длина тела – 174.03 ± 2.4 см. Для нейрофизиологического исследования использовался электроэнцефалографический регистр «Энцефалан-ЭЭГР-19/26», (Медиком, Таганрог, Россия). Осуществлялся съем биоэлектрических колебаний в контроле и при гипоксическом воздействии. Оценивались изменения альфа-, бета-, дельта- и тета-волн. Использовали поверхностные регистрирующие биполярные электроды, подключенные по упрощенной международной системе отведений «10-20». Электроды устанавливались по принятой международной схеме «10-20». Для создания гипоксического эффекта исследование проводилось с помощью гипоксикатора-концентрактора медицинского ONIX (США). Испытуемые вдыхали воздух с 10%-ным содержанием O_2 , данные регистрировались при снижении SO_2 до 80%.

Основными показателями электроэнцефалографии являлись значение средневзвешенных частот, значение доминантной частоты, относительное значение частоты. Результаты исследования и их обсуждение по значению средневзвешенных частот, исходя из приведенных данных. Особенности изменения частоты биотоков головного мозга, по значению средневзвешенных частот у исследуемого № 1 в контроле и при развивающейся гипоксии изменение происходит по всему наблюдаемому частотному спектру, но в дельта 1-, дельта 2-, альфа-, бета 1 ритмах значимых различий не обнаружено ($p > 0.05$). Но в тета-, бета-2 ритмах при статистическом анализе зафиксированы значимые отличия ($p < 0.01$). Исходя из приведенных данных, особенности изменения частоты биотоков головного мозга по значению средневзвешен-

ных частот у исследуемого № 2 в контроле и при развивающейся гипоксии изменение происходит по всему наблюдаемому частотному спектру, но в альфа-, бета 1-, бета 2- ритмах значимых различий не обнаружено ($p > 0.05$). В дельта 2- ритме при статистическом анализе зафиксированы значимые отличия ($p < 0.05$). В тета-ритме отмечены значимые отличия ($p < 0.01$), в дельта 1-ритме – сильные значимые отличия ($p < 0.001$). Исходя из приведенных данных, особенности изменения частоты биотоков головного мозга по значению средневзвешенных частот у исследуемого № 3 в контроле и при развивающейся гипоксии изменение происходит по всему наблюдаемому частотному спектру, но в дельта 2-, альфа-, бета 1-, тета- ритмах значимых различий не обнаружено. Но в дельта 1-, альфа-, бета-2 ритмах зафиксированы высокие значимые отличия ($p < 0.001$). В целом, установлено, бета-2 ритм имеет тенденцию на увеличение своей вариативности частот у всех исследуемых, притом у исследуемых № 1, 3 увеличение имеет значимое отличие ($p < 0.01$, $p < 0.001$), что может быть связано с острой реакцией на стрессовое воздействие резкого понижения кислорода. Дельта 1 у исследуемых № 2, 3 имеет тенденцию на снижение средневзвешенной частоты и значимое отличие ($p < 0.001$, $p < 0.001$). Что характерно при увеличении активации бета-2 ритма. Поведение биоэлектрической активности в других ритмах носит частный характер. Так, у исследуемого № 2 значимые отличия наблюдаются в дельта 1-, дельта 2-, тета-ритмах ($p < 0.001$; $p < 0.05$; $p < 0.01$), что может быть связано с уменьшением зрительно-спонтанных образов, уменьшением эмоционального напряжения, а также с концентрацией сознания на недостатке кислорода во вдыхаемом воздухе.

Реакции срочной адаптации на резкое понижение кислорода в крови у всех испытуемых имеют разные механизмы. По всей видимости, зависимость формы проявления ее протекания обуславливается различными факторами, такими как спортивная специализация, спортивный уровень, а также обуславливается сформировавшимися рефлекторными особенностями регуляции.

ЛИТЕРАТУРА

Агаджанян Н.А., Ефимов А.И. Функции организма в условиях гипоксии и гиперкапнии. М.: Медицина, 1986. 272 с.

Сотников П.И. Обзор методов обработки сигнала электроэнцефалограммы в интерфейсах мозг-компьютер // Инженерный вестник. М., 2014. 28 с.

Тристан В.Г., Погадаева О.В. Использование альфа-стимулирующего тренинга при подготовке спортсменов к параолимпийским играм // Биоуправление

в медицине и спорте: Материалы III Всерос. конф. Омск: ИМБК СО РАМН, СибГАФК, 2001. С. 54–55.

ВЛИЯНИЕ ВЫСОКОГОРНОЙ ГИПОКСИИ НА СОСТОЯНИЕ ЧЕЛОВЕКА

А.А. Катаева¹, Е.С. Шевелева², А.А. Катаева¹

¹ Вильгортская средняя общеобразовательная школа № 2, с. Вильгорт

² Вильгортская научно-экспериментальная биологическая станция, г. Сыктывкар

Изучение динамики резервов здоровья организма человека под воздействием высокогорной гипоксии является важным направлением в адаптационной физиологии и медицине (Загускин, Загускина, 1995). Основным фактор, постоянно действующий в горах, – пониженное парциальное давление кислорода, влияющее на ряд физиологических процессов человеческого организма и могущее привести к их нарушению и развитию горной болезни. Снижение уровня парциального давления кислорода может привести к состоянию, которое называется гипоксией (Шаов и др., 2013). Организм человека в ответ на действие гипоксии отвечает приспособительной реакцией, которая делает его более стойким и выносливым (Макарова, 2004).

Цель данной работы – исследование функционального состояния сердечно-сосудистой системы и функции внешнего дыхания мужчин и женщин в условиях высокогорной гипоксии в ответ на физическую нагрузку.

В эксперименте участвовали шесть мужчин и восемь женщин. Исследования были проведены в филиале Коми НЦ УрО РАН «ВНЭБС» в апреле и мае-июне 2016 г.: до поездки на Кавказ и после восхождения на гору Эльбрус. Во время восхождения на Эльбрус снимали показания ЧСС и оксигенации крови. Восхождение сопровождалось ступенчатой акклиматизацией с целью повышения адаптационных возможностей организма в условиях дефицита кислорода и сложных метеорологических условиях (до –20 °С, сильный ветер и сниженное атмосферное давление). Проводили измерения до и после физической нагрузки частоты сердечных сокращений (ЧСС), артериального давления (АД) по методу Короткова, функции внешнего дыхания методом спирометрии. Осуществляли подсчет максимального потребления кислорода (МПК), индекса функциональных изменений (ИФИ).

В качестве нагрузочного тестирования использовали тест PWC₁₇₀ на велоэргометре (Макарова, 2004). Статистический анализ проводили по критерию t-Стьюдента, данные представлены в виде средней арифметической и стандартного отклонения при $p < 0.05$.

Показатель физической работоспособности PWC₁₇₀ мужчин и женщин после восхождения возрос и соответствует высокому уровню (см. таблицу). По ИФИ выявлено что функциональные возможности сердечно-сосудистой системы после Эльбруса остались на удовлетворительном уровне, с умеренным напряжением механизмов адаптации. После восхождения показатели МПК увеличились у мужчин и женщин, результаты соответствуют высокому уровню физического здоровья. Исходные показатели ЧСС и АД у всех обследуемых после восхождения достоверно снизились. Все параметры функции внешнего дыхания у мужчин и женщин до и после поездки на Эльбрус соответствуют нормам и достоверных отличий не выявлено. Бронхиальная проходимость у мужчин и женщин после восхождения увеличилась. Содержание кислорода в крови снижается, а максимальная частота сердечных сокращений увеличивается по мере возрастания высоты горного подъема на Эльбрус у женщин и мужчин. Пик максимальной величины ЧСС и минимального содержания кислорода, а также признаки горной болезни выявлены при восхождении на вершину (5300 м) как у мужчин, так и у женщин. Признаки горной болезни исчезают только при полном спуске к подножию Эльбруса (на уровень 2 тыс. м).

Группой туристов с 27 апреля по 4 мая совершено восхождение на гору Эльбрус. После восхождения показатели ЧСС, АД, физической работоспособности у мужчин и женщин оказались ниже исходных показателей, полученных до поездки, МПК достоверно увеличилось, индекс ИФИ остался на удовлетвори-

тельном уровне. Обследование жизненной емкости и максимальной вентиляции легких до и после подъема достоверных отличий не обнаружило, бронхиальная проходимость после подъема увеличилась. На разных этапах восхождения выявлены признаки повышенного напряжения регуляции физиологических функций, проявляющиеся в росте частоты сердеч-

Расчетные показатели физической работоспособности, индекса функциональных изменений, максимальное потребление кислорода у мужчин и женщин до и после восхождения на гору Эльбрус

Показатели	До восхождения		После восхождения	
	Мужчины	Женщины	Мужчины	Женщины
PWC ₁₇₀ (кгм/мин)	17.2±0.4	19.2±0.5	22.3±0.3	21.2±0.4
ИФИ ус.ед.	2.8±0.1	2.9±0.1	3±0.1	2.9±0.1
МПК (л/мин)	45±0.8	51.9±1	53.6±0.9	55.4±1.1

ных сокращений, снижении содержания кислорода в крови у женщин и мужчин.

ЛИТЕРАТУРА

Загускин С.Л., Загускина Л.Д. Временная организация адаптационных процессов и их энергетическая параметризация // Актуальные проблемы гипоксии: Сб. науч. тр. М.-Нальчик, 1995. С. 20–30.

Карпман В.Л., Хрущев С.В., Борисова Ю.А. Сердце и работоспособность спортсмена. М.: Физкультура и спорт, 1978. 35 с.

Макарова Г.А. Спортивная медицина: учебник. М.: Советский спорт, 2004. 478 с.

Шаов М.Т., Пшикова О.В., Курданов Х.А. Нейроимпринтинг – технологии управления физиологическими функциями организма и здоровьем человека при гипоксии. Воронеж: Научная книга, 2013. 134 с.

ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАММА ДОМАШНЕГО ХОРЬКА

Е.А. Пешкин, А.С. Гуляева

Вильгортская научно-экспериментальная биологическая станция, г. Сыктывкар

Вследствие domestikации у хорьков развиваются сердечно-сосудистые заболевания: дилатационная и гипертрофическая кардиомиопатии, клапанная регургитация, аритмии, атриоventрикулярная блокада (Lipman et al., 1987; Wagner, 2009; Malakoff et al., 2012). Электрокардиография позволяет проводить неинвазивную кардиодиагностику. При интерпретации результатов необходимо учитывать вид наркоза (Bone et al., 1988) и положение тела животного в процессе регистрации ЭКГ.

Цель работы – проведение сравнительного анализа ЭКГ у хорьков в стеральном и вертикальном положениях тела.

Электрокардиографическое исследование проводили на шести половозрелых хорьках в возрасте шести месяцев. Животных анестезировали внутримышечно смесью золетила (1.25 мг/кг) и 2% ксилазина (0.1 мл/кг) в равных пропорциях. ЭКГ регистрировали на 12-канальном компьютерном электрокардиографе «Поли-Спектр-8/EX» в стеральном и вертикальном положениях тела при помощи зажимов типа «крокодил». Цифровые данные в работе представлены в виде средней арифметической $\pm$ стандартное отклонение ($M \pm SD$).

При стеральном положении тела ЧСС хорьков составила 195 ± 30 уд./мин, при вертикальном – 194 ± 23 . Электрическая ось сердца при стеральном положении тела составила $72.8 \pm 1.8^\circ$, при вертикальном – 80.2 ± 2.8 . На ЭКГ при стеральном положении тела регистрировалась R_{II} -волна округлой формы, комплекс QRS имеет форму однофазного зубца R_{II} . Зубцы Q_{II} и S_{II} отсутствуют. На нисходящей фазе зубца R_{II} у двух самок, ближе к вершине, регистрировалась небольшая зазубрина. В период реполяризации у хорьков на ЭКГ при стеральном положении тела регистрировалась положительная Т-волна (табл. 1).

На ЭКГ при вертикальном положении тела у 50% животных R_{II} -волна однофазная, но с зазубриной на вершине. У остальных хорьков Р-волна без зазубрин. Комплекс начальной желудочковой активности имеет форму однофазного зубца R_{II} . Зубцы Q_{II} и S_{II} отсутствуют. На

Таблица 1
Амплитудно-временные параметры при стеральном положении тела хорька

Параметр	R_{II} -волна	Зубец R_{II}	Т-волна
Амплитуда (мВ)	0.06 ± 0.02	1.6 ± 0.3	0.26 ± 0.12
Длительность (с)	0.038 ± 0.016	0.048 ± 0.003	0.07 ± 0.01

Таблица 2
Амплитудно-временные параметры при вертикальном положении тела хорька

Параметр	R_{II} -волна	Зубец R_{II}
Амплитуда (мВ)	0.07 ± 0.03	1.7 ± 0.4
Длительность (с)	0.028 ± 0.004	0.048 ± 0.002

Таблица 3
Амплитудно-временные параметры Т-волны при вертикальном положении тела хорька

Показатель	Т-волна положительная	Т-волна двухфазная	
		«+»	«–»
Амплитуда (мВ)	0.07 ± 0.03	0.07 ± 0.02	0.09 ± 0.02
Длительность (с)	0.08 ± 0.02		

нисходящей фазе R_{II} -зубца, ближе к вершине, у двух самок регистрировалась более глубокая зазубрина, у остальных хорьков она отсутствовала (табл. 2). В период реполяризации желудочков сердца у двух самок и двух самок Т-волна была положительной. У остальных животных форма Т-волны была двухфазной (табл. 3). Значимых различий в длительностях сегментов и интервалов ЭКГ у хорьков в стеральном и вертикальном положениях тела не обнаружено.

Выявлены отличия в морфологии Р-волны, зубца R и Т-волны при вертикальном положении тела по сравнению со стеральным по ЭКГ от конечностей у наркотизированных шестимесячных хорьков. В ветеринарной практике при регистрации ЭКГ у хорьков рекомендуем не применять вертикальное положение тела.

ЛИТЕРАТУРА

Lipman N.S., Murphy J.C., Fox J.G. Clinical, functional and pathologic changes associated with a case of dilatative cardiomyopathy in a ferret // Lab. Anim Sci. 1987. V. 37(2). P. 210–212.

Malakoff R.L., Laste N.J., Orcutt C.J. Echocardiographic and electrocardiographic findings in client-owned ferrets: 95 cases (1994-2009) // J. Am. Vet. Med. Assoc. 2012. V. 241(11). P. 1484-1489.

Wagner R.A. Ferret cardiology // Vet. Clin. North. Am. Exot. Anim. Pract. 2009. V. 12(1). P. 115-134.

Bone L., Battles A.H., Goldfarb R.D. et al. Electrocardiographic values from clinically normal, anesthetized ferrets (*Mustela putorius furo*) // Am. J. Vet. Res.. 1988. V. 49(11). P. 1884-1887.

НЕЙРОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СРОЧНОЙ АДАПТАЦИИ ЧЕЛОВЕКА К ОСТРОЙ ГИПОКСИЧЕСКОЙ ГИПОКСИИ

Е.А. Уляшева

Вильгортская научно-экспериментальная биологическая станция, г. Сыктывкар

Общая регуляция деятельности систем организма, обеспечивающих приспособление его при гипоксии совершается ЦНС и прежде всего корой больших полушарий. ЦНС не только обеспечивает координацию функций систем организма, снабжающих органы и ткани кислородом, но и сама обладает собственным механизмом приспособления к действию неблагоприятных условий среды – охранительным торможением. Общая заторможенность, вялость, апатия, возникающие при нарастании кислородного голодания – следствие запредельного торможения, развивающегося в коре головного мозга, имеющая охранительно-целебное значение (Чарный, 1961). При острой гипоксии нарушения функций нервной системы обычно начинаются с расстройств наиболее сложных аналитико-синтетических процессов. Нередко отмечается эйфория, теряется способность адекватно оценивать обстановку. При углублении гипоксии возникают грубые нарушения ВНД. Уже на ранних стадиях гипоксии наблюдается расстройство координации вначале сложных, а затем и простейших движений, переходящее в адинамию (Суслов, Гиппенрейтер, 2001). ЦНС играет большую роль в возникновении расстройств чувствительности; так, кора головного мозга является комплексом синтез-анализаторов, осуществляющих, с одной стороны, разложение восприятия из внешнего мира на составные элементы, а с другой – синтез воспринимаемых раздражений. Уже на ранних стадиях гипоксии наблюдается расстройство координации вначале сложных, а затем и простейших движений. Первоначально отмечается общее возбуждение и ослабляется внимание. Изменяется почерк и ослабевает память, возрастает число ошибок в решении сложных задач. В самом деле, уже при сравнительно небольшом снижении процента насыщения артериальной крови кислородом происходит нарушение наиболее тонко дифференцированной аналитико-синтетической функции коры головного мозга с ослаблением остроты восприятия изменений внешней среды, критической оценки действительности и снижением быстроты и правильности ответа на эти изменения (Гиппенрейтер, Малкин, 1977).

Серии исследований выполнены на молодых мужчинах 18–24 лет ($n=12$). Изучали ней-

рофизиологические (скорость проведения нервных импульсов по чувствительным и двигательным волокнам соматических нервов, амплитуды). Для оценки качества психомоторной функции использовались метод оценки качества «тонкой» моторной реакции (по почерку), теппинг-тест (в модификации Е.П. Ильина (1978) и кистевая динамометрия. Испытуемые дышали воздухом при нормальном атмосферном давлении с содержанием O_2 10%.

В результате исследований были получены следующие данные. Скорость проведения нервных импульсов по двигательным волокнам соматических нервов увеличивается при действии острой гипоксии, значимых различий не выявлено ($p>0.05$). Так же скорость проведения нервных импульсов по чувствительным волокнам при воздействии острой гипоксии значительно превышает скорость по сравнению с контролем. Видна достоверность различий при сравнении результатов в контроле и при острой гипоксии ($p<0.05$). Было установлено, что величина максимальной амплитуды м-ответа на фоне действия гипоксии достоверно увеличивалась ($p<0.01$). Если в контроле у исследуемых максимальная амплитуда достигалась 16.41 мВ, то при гипоксии она составляла 17.43 мВ. Достоверное увеличение амплитуд М-ответа ($p<0.01$), может быть вызвано снижением сократительных способностей мускулатуры при таком стрессорном факторе. Среднее значение времени написания «фразы» в контроле составляло 39.9 с, при действии острой гипоксии – 48.5 с. Установлено достоверное различие между данными в контроле и при острой гипоксии ($p<0.01$). При написании «контрольной фразы» при действии гипоксического стресс-фактора на уровне тенденции увеличивается время, при этом наблюдалось изменение наклона букв, межбуквенных расстояний, появление орфографических ошибок. При действии гипоксического фактора значительно уменьшается количество представляемых точек во всех квадратах, кроме первых 10 с, скорее всего здесь пока мышечная активность не достигла утомляемости. С 20 по 60 с не изменяется направленность кривой теппинг-теста относительно «контрольной кривой», однако в состоянии развивающейся гипоксемии в диапазоне с 20 по 30 с

наблюдается значимо меньшее ($p < 0.01$) количество проставляемых точек.

Измерения кистевой динамометрии показали, что при воздействии острой гипоксии снижается кистевая сила рук, но незначительно, достоверных отличий обнаружено не было ($p > 0.05$). Среднее значение кистевой силы правой руки в контроле составило 47.33 кг, при воздействии острой гипоксии – 46.16 кг; сила левой кисти в контроле – 43.5 кг, при острой гипоксии – 42.75 кг. В состоянии развивающейся кислородной недостаточности изменя-

ются, судя по результатам кистевой динамометрии, силовые возможности, так как наблюдается тенденция к некоторому уменьшению динамограмм.

ЛИТЕРАТУРА

Гиппенрейтер Е.Б., Малкин В.Б. Острая и хроническая гипоксия // **Проблемы космической биологии**. М.: Наука, 1977. Т. 35. С. 315.

Суслов Ф.П., Гиппенрейтер Е.Б. Подготовка спортсменов в горных условиях. М., 2001. 176 с.

Чарный А.М. Патофизиология гипоксических состояний. М.: Медгиз, 1961. 343 с.

КАРДИОРЕСПИРАТОРНАЯ СИСТЕМА ЮНЫХ ТХЭКВОНДИСТОВ РЕСПУБЛИКИ КОМИ В РАЗНЫЕ СЕЗОНЫ ГОДА

Е.С. Шевелева

Вильгортская научно-экспериментальная биологическая станция, г. Сыктывкар

Молодые спортсмены, постоянно проживающие в Республике Коми, региона европейского Севера с экстремальными условиями, испытывают влияние неблагоприятных экологических факторов и мышечных нагрузок при спортивных занятиях, оказывающих дополнительное влияние на детский организм.

В весенне-летний и зимний периоды проведено обследование функционального состояния сердечно-сосудистой системы мальчиков 9–12 лет, постоянно проживающих в городах Воркуте (67°) и Сыктывкаре (62°), занимающихся тхэквондо. Измеряли ЧСС, артериальное давление (АД), ЭКГ в 12 отведениях до и после физической нагрузки (PWC_{150} на велоэргометре), функцию внешнего дыхания. Статистический анализ проводили по критерию t-Стьюдента, данные представлены в виде средней арифметической и стандартного отклонения, достоверность при $p < 0.05$.

В зимнее время ЧСС у тхэквондистов г. Воркуты достоверно больше, чем у юных спортсменов г. Сыктывкара: в покое (85 ± 3 и 77 ± 3 уд./мин соответственно), на 1–5 мин первой физической нагрузки; на 1- и 2-й мин второй физической нагрузки; на 1–5 мин восстановительного периода. В летне-весеннее время ЧСС у тхэквондистов г. Воркуты достоверно больше, чем у юных спортсменов г. Сыктывкара: на 1-й мин. первой физической нагрузки; на 1-й мин. второй нагрузки и на 2-й мин. восстановительного периода. Длительность интервала $R-R_{II}$ в покое достоверно выше в летне-весеннее и зимнее время у мальчиков г. Воркуты (798 ± 33 и 863 ± 39 мс соответственно), чем у спортсменов г. Сыктывкара (723 ± 34 и 702 ± 37 мс). На ЭКГ_{II} у спортсменов г. Воркуты в летне-весенний период в покое выявлена достоверно большая длительность интервала QT_{II} , чем у спортсменов г. Сыктывкара (378 ± 7.7 и 404 ± 16 мс соответственно).

В летне-весенний период систолическое АД достоверно выше у обследованных тхэквондистов г. Воркуты по сравнению с проживающими в г. Сыктывкаре в покое (115 ± 3 и 107 ± 4 мм рт.ст. соответственно), во время восстановления после физической нагрузки. Диастолическое АД достоверно больше в покое у всех обследованных тхэквондистов г. Воркуты (77 ± 4 мм рт.ст.) по сравнению с тхэквондистами г. Сыктывкара (69 ± 4 мм/рт.ст.) в летне-весенний период. При восстановлении после физических нагрузок диастолическое АД у спортсменов г. Воркуты было выше, чем у сыктывкарцев в летне-весенний и зимний периоды.

При исследовании функции внешнего дыхания выявлено, что в исходном состоянии в покое объемные абсолютные показатели дыхания (ЖЕЛ и ФЖЕЛ) у обследованных юных спортсменов Воркуты и Сыктывкара существенно не различаются. При этом относительные показатели, соотнесенные к должным величинам, характерным для веса, роста, возраста обследованных детей, у воркутинцев выше, чем у сыктывкарцев.

В отношении скоростных показателей (МОС25-75, МВЛ) у сыктывкарцев и в покое, и после проведения функциональной пробы с физической нагрузкой проходимость на уровне мелких, средних и крупных бронхов, максимальная вентиляция легких были незначительно ниже, чем у юных спортсменов более северных широт. И у сыктывкарцев, и у воркутинцев после велоэргометрии самое значительное изменение было у показателей МОС75, тогда как МОС50, МОС25 практически не изменились. Абсолютные показатели МВЛ после ФН летом и зимой незначительно снизились и у воркутинцев, и у сыктывкарцев, причем у детей Крайнего Севера в большей степени. У сыктывкарских спортсменов должный относительный показатель зимой вырос, у воркутинских тхэквондистов – снизился, что может свидетельствовать

об обструктивных изменениях воздухоносных путей вследствие более выраженной реакции на холодный воздух у жителей Крайнего Севера.

Сложные климатогеографические условия оказывают заметное влияние на сердечно-сосудистую систему юных тхэквондистов, постоянно проживающих и тренирующихся на разных широтах Республики Коми. Исследование ЧСС после выполнения разминочной и субмаксимальной физической нагрузки на велоэргометре выявило более медленное восстановление функционального состояния к исходному в покое у юных спортсменов Крайнего Се-

вера по сравнению с тхэквондистами Европейского Севера. Отмечено более выраженное изменение проходимости воздухоносных путей у юных тхэквондистов г. Воркуты по сравнению со спортсменами г. Сыктывкара в ответ на физическую нагрузку в весеннее-летний и зимний периоды. Суровые зимние условия проживания оказывают дополнительное отрицательное влияние на организм юных тхэквондистов, постоянно проживающих в г. Воркуте, а за короткую полярную весну и лето здоровье детей, проживающих за полярным кругом, полностью не восстанавливается.

ВЛИЯНИЕ СТРЕССОРНЫХ ФАКТОРОВ НА НЕЙРОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ДВИЖЕНИЯ В ЭКЗОСКЕЛЕТЕ

А.С. Шилов^{1,2}, Е.А. Уляшева^{1,2}, А.В. Лахтионов², П.Ю. Богдановская²

¹ Вильгортская научно-экспериментальная биологическая станция, г. Сыктывкар

² Сыктывкарский государственный университет им. Питирима Сорокина, г. Сыктывкар

Одной из важных проблем физиологии движения остается понимание механизмов, вызывающих возможные нарушения функций нервно-мышечного аппарата у человека в условиях влияния неспецифических факторов различного генеза (Коц, 1975; Caquelard et al., 2000). Неслучайно для анализа электрофизиологических феноменов нейромышечного прибора и моделирования различных двигательных ситуаций используются природная гипоксия, антиортостаз, гипокинезия (Willer et al., 1987; Caquelard et al., 2000) и т.д. В настоящем исследовании предпринята попытка изучить влияние интервальных гипоксических экспозиций и антиортостатических воздействий на спинальный Н-рефлекс и прямой ответ при произвольном движении и движении в активном экзоскелете нижних конечностей.

Исследование проводилось на неврологически здоровых мужчинах (19–26 лет), которые были условно разделены на две группы: – I (n=15) подвергались дозированному воздействию (ДВ) интервальными нормобарическими гипоксическими тренировками (ИНГТ) (дыхание воздухом с содержанием O₂ 9.9%, CO₂ – 0.03% от 30 до 50 мин. в течение 19 дней). Экспозиция ИНГТ состояла из 8–10 повторных циклов пятиминутного дыхания гипоксической газовой смесью, перемежающихся двухминутными интервалами дыхания воздухом. Другая группа – II (n=16) – в течение этого же периода подвергалась ежедневной антиортостатической гипокинезии (АНОГ) – испытуемые лежали вниз головой на кушетке, стоящей под углом –20° в течение 60 мин. В фоновом исследовании и после 19 дней ДВ ИНГТ и АНОГ оценивались временные и амплитудные характеристики рефлекса Хоффманна и М-ответа. Регистрацию Н-рефлекса и М-ответа проводили с помощью нейромышечного анализатора НМА-4-01 «Нейромиан» («Медиком ЛТД»).

При анализе влияния ДВ ИНГТ и АНОГ на амплитудные характеристики прямого мышечного ответа выявлены сходные тенденции нарастания амплитуды к 19 дню. Однако в группе II М-ответ m. soleus в диапазоне стимуляции от 24 до 34 мА был достоверно ниже (p<0.01), что, вероятно, обусловлено влиянием гравитационной разгрузки при АНОГ на фазическую мускулатуру (Aagaard et al., 2002). Следует отметить значимо большие значения амплитуд М-ответов m. gastrocnemius в I группе (32–40 мА) и m. soleus (38–46 мА); первый пик M_{max} обеих мышц у представителей I группы определялся при 20 мА, тогда как в группе II М-ответ достигал максимума при супрамаксимальной стимуляции (48–50 мА). При анализе влияния ДВ ИНГТ и АНОГ на активацию мотонейронных пулов «быстрой» икроножной и «медленной» камбаловидной мышц выявлено смещение амплитудных пиков в сторону большей силы стимуляции. I группа: H_{max} m. gastrocnemius – 20 мА, H_{max} m. soleus – 18 мА в фоновом исследовании, после 19 дней ДВ ИНГТ H_{max} m. gastrocnemius – 24 мА, H_{max} m. soleus – 24 мА; II группа: H_{max} m. gastrocnemius – 16 мА, H_{max} m. soleus – 16 мА в фоновом исследовании, после 19 дней ДВ АНОГ H_{max} m. gastrocnemius – 32 мА, H_{max} m. soleus – 26 мА, что косвенно может характеризовать оказываемые неспецифические влияния на активность мотонейронных пулов исследуемых мышц голени как моделирующее.

Предварительные результаты исследования показали, что в определенной степени ИНГТ и АНОГ однонаправленно влияют на активацию мотонейронного пула m. soleus и m. gastrocnemius при произвольном движении и движении в экзоскелете. Максимальная активация Н-рефлекса икроножной мышцы происходила в условиях стимуляции большеберцового нерва током средней интенсивности, что мо-

жет свидетельствовать о повышении порога возбудимости Ia сенсорных волокон после воздействия ИНГТ и АНОГ. Амплитуды максимальных Н-ответов в обеих группах увеличивались при индуцировании электрическим током в диапазоне от 22 до 32–40 мА ($p < 0.05$).

ЛИТЕРАТУРА

Коц Я.М. Организация произвольного движения: Нейрофизиологические механизмы. М.: Наука, 1975. С. 30–38.

Aagaard P., Simonsen E., Andersen J., Magnusson P., Dyhre-Poulsen P. Neural adaptation to resistance training: changes in evoked V-wave and H-reflex responses // J. Appl. Physiol. 2002. Vol. 92, Issue 6. P. 2309–2318.

Caqueland F., Burnet H., Tagliarini F., Cauchy E., Richalet J.P., Jammes Y. Effects of prolonged hypobaric hypoxia on human skeletal muscle function and electromyographic events // Clin. Sci. (Lond.). 2000. P. 329–337.

Willer J.C., Miserocchi G., Gautier H. Hypoxia and monosynaptic reflexes in humans // J. Appl. Physiol. 1987. Vol. 63. Issue 2. P. 639–645.

СОДЕРЖАНИЕ

БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

ПЛЕНАРНЫЙ ДОКЛАД

Василевич Р.С.

Состав гумусовых веществ бугристых болот криолитозоны как маркеров изменения климата5

СЕКЦИЯ 1. Изучение, охрана и рациональное использование растительного мира7

Безденежных К.А., Кондакова Л.В.

Фототрофные микроорганизмы луговых фитоценозов в районе объекта уничтожения химического оружия «Марадыковский» после прекращения его функционирования7

Валуйских О.Е., Шадрин Д.М.

Генетическое разнообразие и дифференциация популяций *Gymnadenia conopsea* (L.) R. Br. на Южном Тимане по данным ISSR маркирования.....8

Игнашов П.А., Рязанцев П.А.

Пространственная организация растительного покрова болота в сельговом ландшафте (Заонежский полуостров, Карелия)..... 10

Макарова А.В., Стерлягова И.Н., Шабалина Ю.Н.

Водоросли горного озера в бассейне реки Щугор (Северный Урал, национальный парк «Югыд ва») 11

Минниханова Н.Р., Шабалина Ю.Н.

Структура эпилитонных сообществ диатомовых водорослей (Bacillariophyta) реки Ухты (бассейн Печоры, Республика Коми) 13

Поздеева Л.М.

Адвентивная флора Воркуты и окрестностей 15

Постельный Д.А., Новаковская И.В.

Влияние условий культивирования на динамику роста штамма *Chloromonas reticulata* (Goroshankin) gobi, вызывающего красное цветение снега на Приполярном Урале 16

Пуногов А.Н.

Представители рода *Cotoneaster* Medik. в дендрарии Ботанического сада Института биологии Коми НЦ УрО РАН 18

Севергина Д.А., Лиханова Н.В.

Изменение видового разнообразия фитоценозов после сплошнолесосечной рубки ельников средней тайги (на примере Республики Коми) 19

Федяева Е.А., Фадеев А.С., Валуйских О.Е.

Сезонный ритм развития и состояние популяций прострела раскрытого (*Pulsatilla patens* (L.) Mill. s.l.) в Республике Коми 20

Шабалина Ю.Н., Стерлягова И.Н.

Материалы к альгофлоре болота Мэдла-Пэв-Нюр (подзона средней тайги, Республика Коми) 22

Яськова С.Г., Полянская Д.Ю.

Ксилотрофные макромицеты хвойных пород туристско-экскурсионного района государственного природного заповедника «Столбы» 24

СЕКЦИЯ 2. Изучение, охрана и рациональное использование животного мира 26

Данилова Е.В.

Миграции гусеобразных и ржанкообразных птиц в Республике Коми 26

Комарова А.С.

О распространении и охране европейского хариуса на территории Вологодской области 27

Лукин А.В.

Распространение сибирского шелкопряда (*Dendrolimus sibiricus* Tschetv.) на территории Республики Коми 29

Мазеева А.В., Кулакова О.И.

Структура населения булавоусых чешуекрылых (Lepidoptera, Rhopalocera) Куменского района Кировской области 30

СЕКЦИЯ 3. Структурно-функциональная организация и антропогенная трансформация экосистем 33

Афанасьев Р.А., Сауткин И.С., Карпов М.В.

Оценка динамики показателей первичной продукции насаждений сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) по модельным деревьям 33

Боков И.А., Старцев В.В., Дымов А.А.

Изменения почв ельников зеленомошных при сортиментной заготовке древесины (средняя тайга, Республика Коми)..... 34

Бондаренко Н.Н., Лаптева Е.М., Пунегов В.В., Кызырова Е.В., Шамрикова Е.В. Динамика водорастворимых низкомолекулярных органи хронологического ряда вырубок	35
Бушковская М.В., Василевич Р.С. Профильное распределение ртути в олиготрофных и бугристых болотах Республики Коми	38
Вдовиченко В.А., Бахмет О.Н. Состав и запасы органического вещества почв хронологического ряда вырубок Карелии.....	39
Вежов К.С., Василевич Р.С. Молекулярно-массовое распределение гумусовых кислот торфяных мерзлотных почв европейского северо-востока России.....	41
Герлинг Н.В., Тарасов С.И. Распределение фитомассы в древостое лиственно-хвойного насаждения подзоны средней тайги	43
Ковалева В.А. Функционирование комплексов микромицетов тундровых постагrogenных почв в ландшафтном аспекте	44
Кубик О.С. Растворимые органические соединения в растительных объектах	46
Манов А.В., Кутявин И.Н. Горизонтальная структура древостоев коренных заболоченных ельников подзоны северной тайги Республики Коми	47
Осипов А.Ф., Боков И.А. Эмиссия CO ₂ с поверхности почв в процессе постагrogenной сукцессии в условиях средней тайги Республики Коми.....	50
Осипов А.Ф., Дымов А.А. Углерод фитомассы и крупных древесных остатков коренного ельника и производных лиственно-хвойных насаждений после сплошнолесосечной рубки.....	51
Перминова Е.М., Генрих Э.А., Ковалева В.А. Изменение бактериальных комплексов в подзолистой текстурно-дифференцированной остаточно-карбонатной почве под влиянием агрогенного и постагrogenного воздействия	53
Сауткин И.С., Миргалиева Л.Р. Вклад функционального разнообразия растений в чистую первичную продукцию сообщества.....	54
Спиридонова В.А., Василевич Р.С. Накопление тяжелых металлов в бугристых болотах крайнесеверной тайги Республики Коми	56
Старцев В.В. Органическое вещество денситметрических фракций преобладающих почв Приполярного Урала	58
Токарева О.А. Изменение свойств почв и растительности пестроовсянищевых лугов при долговременном выжигании	59
Фролов П.В., Зубкова Е.В., Шанин В.Н. Моделирование популяций кустарничков в лесных экосистемах и их вклада в динамику углерода и азота.....	60
Фролова Г.Г., Фролов П.В., Припутина И.В. Анализ начальных стадий роста культур сосны на территории южного Подмосковья	61
Яковлева Е.В., Габов Д.Н. Особенности накопления полиаренов в растениях нижнего яруса южной тундры под воздействием ТЭС	65
СЕКЦИЯ 4. Радиационная биология, генетика. Влияние факторов физико-химической природы на организм	67
Ермакова А.В., Кудяшева А.Г., Велегжанинов И.О. Роль сигнальных каскадов ERK 1/2 и PI3K/MTOR в эффекте радиационно-индуцированного увеличения пролиферативного потенциала фибробластов человека	67
Земская Н.В., Лашманова Е.А., Прошкина Е.Н., Москалёв А.А. Влияние флавоноидов (лютеолин, нарингин, хризин) на жизнеспособность и стрессоустойчивость <i>Drosophila melanogaster</i>	69
Коваль Л.А., Москалёв А.А. Возраст-зависимое изменение уровня экспрессии генов репарации ДНК у линии дикого типа <i>Canton-S</i> после острого воздействия гамма-излучения	71
Рыбак А.В., Белых Е.С., Майстренко Т.А., Шадрин Д.М., Пылина Я.И., Чадин И.Ф., Велегжанинов И.О. Изучение генетического полиморфизма популяций животных и растений в условиях локального техногенного загрязнения.....	73
Соловьёв И.А., Добровольская Е.В., Шапошников М.В., Шептяков М.А., Москалёв А.А. Эффекты продления жизни, вызванные у особей <i>Drosophila melanogaster</i> пан-нейрональной сверхэкспрессией генов-регуляторов циркадных ритмов в условиях различных режимов освещения.....	75
Чебан Е.В., Боднар И.С. Экотоксикологическая оценка природных вод с территории законсервированного хранилища радиоактивных отходов (поселок Водный, Республика Коми).....	76

СЕКЦИЯ 5. Физиология, биохимия и биотехнология растений и микроорганизмов	79
Атоян М.С., Малышев Р.В.	
Влияние загрязнения бокситовой пылью на элементный состав и анатомию лишайника <i>Lobaria pulmonaria</i> L.	79
Гогонин А.В., Новаковская И.В.	
Создание консорциума микроводорослей с оптимальным составом и титром клеток	80
Малышев Р.В., Далькэ И.В., Маслова С.П.	
Влияние температуры на дыхание, тепловыделение и эффективность запасаения энергии в молодых тканях борщевика Сосновского	81
Маслова А.Ю., Сибирцев В.С., Андреев Н.А., Чан Тхань Туан	
Сравнительное оптико-электрохимическое исследование влияния ионов щелочноземельных металлов на жизнедеятельность <i>Escherichia coli</i>	83
Никитин Д.А., Садыкова В.С., Бирюков М.В., Баранова А.А., Бочков Д.А., Иванова А.Е., Марфенина О.Е., Кутюкова О.В.	
Метаболическая (ферментативная и антибиотическая) активность штаммов микроскопических грибов Антарктиды	84
Прохорова В.А., Сибирцев В.С., Видякина А.В., Хайдаров А.Х., Маслова А.Ю.	
Сравнительное оптико-электрохимическое исследование влияния различных нефтепродуктов на жизнедеятельность кисломолочных бактерий	86
Прохорова В.А., Сибирцев В.С., Видякина А.В., Башарова К.С., Андреев Н.А.	
Фотофлуорометрическое изучение динамики изменения в водных системах пространственной структуры казеина	87
Резниченко В.В.	
Пути повышения эффективности работы биологических очистных сооружений	89
Сизоненко Т.А.	
Анатомическое строение эктомикоризных корней пихты сибирской	90
ФИЗИОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА И ЖИВОТНЫХ	
Бабошина Н.В.	
Оценка состояния микроциркуляции крови в подростковом и юношеском возрасте с использованием дыхательной пробы	92
Безмельцева О.М., Полежаева Т.В., Худяков А.Н., Сергушкина М.И., Патурова И.Г.	
Влияние прогестерона на радикальную активность нейтрофилов венозной крови женщин на разных этапах репродукции	93
Белозеров В.С., Коньшев И.В., Бывалов А.А.	
Способ оценки силы межмолекулярных взаимодействий в модельной системе «микросфера–микросфера» методом оптической ловушки	94
Берникова О.Г., Седова К.А., Азаров Я.Э.	
Влияние хронического введения мелатонина на электрофизиологические параметры сердца крысы в период острой ишемии-реперфузии	95
Бикмурзина А.Е., Марков А.Г.	
Определение локализации белков плотных контактов в лобных долях и области <i>area postrema</i> мозга крысы и мыши	96
Бутова К.А., Лукин О.Н.	
Оценка инактивирующего эффекта деформации миокарда	97
Бушманова Е.А., Людина А.Ю.	
Скорость окисления жиров у лыжников-гонщиков в покое и при физической нагрузке «до отказа»	97
Волкова М.В., Белозеров В.С., Марков П.А.	
Исследование деструкции пектиновых гидрогелей в условиях гастроэнтеральной среды <i>in vitro</i>	98
Гонотков М.А.	
Эффекты цезия и никеля на электрическую активность клеток изолированной синоаурикулярной области эмбрионов и новорожденных мышей	99
Гончаров Н.И., Людина А.Ю.	
Влияние витаминизации на уровень пирувата в крови студентов-медиков	100
Дуркина А.В.	
Эффект гипотермии на автоматизм сердца куриного эмбриона <i>in vitro</i>	101
Жиликова М.А., Храмова Ю.С.	
Роль тучных клеток в регуляции сперматогенеза при различных видах физических нагрузок	102
Житкова В.С., Храмова Ю.С.	
Влияние чрезмерной физической нагрузки на сперматогенез у крыс на фоне введения милдроната	103
Ибрагимов А.Р., Биктемирова Р.Г., Зефирова Т.Л.	
Динамика зрительного утомления в тренировочном процессе киберспортсменов	104
Исаева Г.Э.	
Длительность элементов электрокардиограммы взрослого человека до и после физической нагрузки	105
Конькова К.С., Нифонтова О.Л.	
Индексы физического развития мальчиков 9–11 лет, уроженцев Югры	106

Конькова К.С., Нифонтова О.Л. Состояние дыхательной системы школьников 11–14 лет, жителей Югры, в зависимости от популяционной принадлежности	106
Королева К.С., Шакирзянова А.В. Роль рецепторов окситоцина в ноцицептивной сигнализации в системе тройничного нерва крысы.....	107
Кутаева Г.А., Варламова Н.Г. Электрокардиограмма у лыжников-гонщиков в тесте «до отказа»	108
Ладохина А.А., Паршукова О.И. Уровень оксида азота как ранний маркер выявления гипертензии у высококвалифицированных лыжников-гонщиков Республики Коми	109
Лакстыгал А.М., Фесенко З.С., Белов Д.Р. Вызванные реакции в электрокортикограмме мозга крыс при звуковой стимуляции в рамках одд-болл парадигмы	110
Лебедева Е.А., Гонотков М.А. Эффекты нифедипина на генерацию электрической активности клеток синоаурикулярной области сердца у эмбрионов, новорожденных и взрослых особей мыши	111
Марков А.Л., Паршукова О.И. Вегетативная регуляция ритма сердца и уровень оксида азота в плазме крови лыжников Республики Коми	112
Марков Н.С., Рывкин А.М. Исследование особенностей процессов образования кальциевых спарков в сердечных клетках.....	113
Микушева И.А. Определение биохимических показателей качества овощей, доступных в зимний период	113
Мячина Т.А., Хохлова А.Д., Лукин О.Н. Сопоставление степени растяжения кардиомиоцита и саркомера при использовании метода карбоновых волокон	115
Падерин Н.М. Влияние пектина пижмы <i>Tanacetum vulgare</i> L. на пищевое поведение мышей.....	115
Паршукова О.И., Бойко Е.Р. Влияние биохимических показателей и фактического питания на содержание селена в крови мужчин, проживающих на европейском севере России	116
Пасатецкая Н.А., Лопатин А.И. Кипенко А.В., Лопатина Е.В. Анализ тропотропных эффектов катехоламинов в культуре возбудимых и невозбудимых тканей.....	117
Политова Е.В. Изучение полисахаридного состава и текстурных свойств кожуры и мякоти плодов сливы	118
Полугрудов А.С. Оценка аппетита человека с нарушением циркадианного ритма	119
Рывкин А.М. Особенности моделирования кальций-высвобождающей системы в сердечных клетках	120
Рябов Д.К., Шестакова А.Н. Физиологические особенности сердечной деятельности ездовых собак, участвующих в гонках на длинные дистанции.....	121
Сергушкина М.И., Худяков А.Н., Полежаева Т.В., Безмельцева О.М. Влияние яблочного пектина на температуру кристаллизации воды в растворах криопротекторов разной проникающей способности	122
Сиразетдинов Р.Э., Никифоров Н.А., Валякина Е.Л., Махалин А.В. Морфофункциональные особенности спортсменов русской и алтайской национальностей, занимающихся единоборствами.....	123
Смирнов Г.Ю. Определение параметров подвижности сперматозоидов грызунов из природных популяций с использованием автоматического анализатора	124
Соколова А.С., Кузьмичева С.В. Возрастные изменения иммуно-биохимических показателей моллюска <i>Dreissena polymorpha</i> Шексниского плеса Рыбинского водохранилища	125
Ставинская О.А., Патракеева В.П. Закономерности экологически зависимой иммунорегуляции программируемой гибели клеток крови у жителей Арктики	126
Терехин С.С. Особенности функционирования системы микроциркуляции на разных этапах зрелого возраста с позиций нелинейной динамики	127
Усачев В.А., Арташян О.С., Котомцев В.В. Оценка костной регенерации с использованием фиброзного аутооттрансплантата у крысы	127
Харьковская Е.Е., Куликова А.А., Катаев Р.Д., Малков В.Э., Другова О.В., Костин В.А., Осипов Г.В. Вариабельность ритма сокращений изолированного сердца в условиях механического растяжения правого предсердия.....	128
Хасаншина З.Р., Волкова М.В., Обжорина С.А., Злобин А.А., Марков П.А. Использование геля из пектинов каллусной ткани стебля борщевика Сосновского (<i>Heracleum sosnowsky</i>) в качестве матрицы для пероральной доставки лекарств.....	129

Чалышева А.А., Логинова Т.П.	
Комплексная оценка функционального состояния спортсменов	130
Шаньгина С.М.	
Динамика состава пектиновых полисахаридов яблок в процессе хранения.....	131
Шмарко Д.В., Лебедева Е.А., Хохлова А.Д.	
Моделирование вклада натриевых токов в генерацию потенциалов действия синатриального узла сердца кролика.....	132

МЕДИЦИНА И ЗДРАВООХРАНЕНИЕ

Е. Безуглая	
Исследование отношения родителей города Сыктывкара к вакцинопрофилактике инфекционных заболеваний.....	134
Березюк А.В., Лукашева Т.А., Чаплыгина Г.С.	
Анализ диагностической тактики при ведении пациентов с тромбоэмболией легочной артерии в клинической практике	135
Гируть А.С.	
Анализ вакцинопрофилактики и заболеваемости гриппом в Усть-Вымском районе Республики Коми ...	136
Головинская А.С., Головинский А.В.	
Особенности электрокардиограммы в зависимости от варианта гипертрофической кардиомиопатии	137
Голышев В.В.	
Развитие 3D медицинских технологий в Республике Коми	138
Гукова У.Е.	
Распространенность факторов риска хронических неинфекционных заболеваний у населения Республики Коми по итогам диспансеризации за период с 2015 по 2017 год.....	139
Першина Е.Н., Гусев В.А.	
Встречаемость симптомов жизнеугрожающих событий у детей первого года жизни.....	140
Иванюк К.А.	
Техника приготовления и классификация питательных сред.....	141
Исаков А.А., Майсюк Н.С.	
Методика приготовления фиксированных препаратов для определения фагоцитарной активности нейтрофилов	141
Исмаилов З.Б., Керимова С.Н., Курочкина О.Н.	
Модифицируемые и немодифицируемые предикторы развития хронической болезни почек. Психико-соматическое состояние пациентов с хронической болезнью почек	142
Караваев А.Е.	
Исследование содержания β-гемолитического стрептококка группы А и <i>Staphylococcus aureus</i> у студентов медицинского института	143
Керимова С.Н., Исмаилов З.Б., Курочкина О.Н.	
Регистр хронической болезни почек в Республике Коми	144
Кононов И.Н.	
Лечение ОРВИ в условиях городской поликлиники.....	145
Лукашик А.А.	
Выбор сахароснижающей терапии при сахарном диабете II типа	146
Минина В.А., Казюконис Р.М.	
Эффективность антисептиков в отношении бактерий на руках	147
Нанинец П.Д., Королева Ю.В., Петухова Е.А.	
Микрофлора молочнокислых продуктов.....	147
Обросимова Н.А., Вахрушева А.А.	
Лабораторная диагностика сифилиса	148
Парначева Т.В., Шорохов Ю.В.	
Медико-социальный портрет пациентов на Севере	149
Петухова М.А., Трошева Т.А.	
Оценка эффективности и безопасности новых оральных антикоагулянтов у пациентов с тромбоэмболией легочной артерии и антифосфолипидным синдромом	150
Савельева Э.М., Некрасов В.С., Штайнерт Э.В., Безносиков И.А., Лисевич С.И., Ракина А.С.	
Динамика распространенности симптомов бронхиальной астмы у детей школьного возраста города Сыктывкара за период 2009–2017 годы	151
Синайская М.А., Курочкина О.Н.	
Гендерные особенности лечения больных острым инфарктом миокарда.....	152
Царицын С.В.	
Особенности клинического проявления и диагностики гипервентиляционного синдрома.....	153
Цуканова П.А., Шуманская О.В.	
Анализ качества лечения пациентов с тромбоэмболией легочной артерии в клинической практике.....	154
Шумилова А.А.	
Озонирование зараженных биоматериалов с целью перевода их из категории классов «Б» и «В» в класс «А».....	155

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ НАУКИ – МЕДИЦИНЕ

Балясников И.Н., Шилов А.С. Вегетативный статус сердечной деятельности девочек 7–8 лет в условиях адаптации к школьной среде	157
Бутова К.А., Лукин О.Н. Оценка инактивирующего эффекта деформации миокарда	158
Ивонин А.Г. Эритроциты собаки как потенциальные носители цефалоспоринового антибиотика	159
Ислямова А.Н., Шилов А.С. Качественные характеристики здоровья студентов Сыктывкарского государственного университета им. Питирима Сорокина	160
Заменина Е.В. Электрическое поле сердца человека в период реполяризации желудочков при острой нормобарической гипоксии до и после интервальных гипоксических тренировок	161
Изьюров В.Д., Шилов А.С. Электроэнцефалографические изменения в деятельности мозга студентов-спортсменов при развивающейся гипоксемии организма	163
Катаева А.А., Шевелева Е.С., Катаева А.А. Влияние высокогорной гипоксии на состояние человека	164
Пешкин Е.А., Гуляева А.С. Электрокардиограмма домашнего хорька	165
Уляшева Е.А. Нейрофизиологические особенности срочной адаптации человека к острой гипоксической гипоксии	166
Шевелева Е.С. Кардиореспираторная система юных тхэквондистов Республики Коми в разные сезоны года	167
Шилов А.С., Уляшева Е.А., Лахтионов А.В., Богдановская П.Ю. Влияние стрессорных факторов на нейрофизиологические параметры движения в экзоскелете	168

Научное издание

**III Всероссийская (XVIII) молодежная научная конференция
«Молодежь и наука на Севере»**

(с элементами научной школы)

Материалы докладов

Том I

Печатается по решению Ученого совета Коми НЦ УрО РАН

Редактор О.А. Гросу

Оригинал-макет Е.А. Волкова
Дизайн обложки Д.В. Козлова

Лицензия № 0047 от 10.01.99.
Компьютерный набор. Подписано в печать 24.08.2018 г. Формат 60×84¹/₈.
Усл. печ. л. 22.0. Уч.-изд. л. 22.0.
Тираж 150. Заказ № 22.

Редакционно-издательский отдел ФИЦ Коми НЦ УрО РАН
167982, ГСП, г. Сыктывкар, ул. Первомайская, 48