

Вестник Московского университета

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

Основан в ноябре 1946 г.

Серия 16 **БИОЛОГИЯ**

Издательство Московского университета

№ 4 • 2011 • ОКТЯБРЬ—ДЕКАБРЬ

Выходит один раз в три месяца

СОДЕРЖАНИЕ

Физиология

- Логонова Н.А., Тушмалова Н.А., Баскова И.П., Воеводина Е.Б., Мац В.Н., Пасикова Н.В. Анализ влияния биологически активного соединения природного происхождения Пиявит® на условно-рефлекторную память, нейроно-глиальные соотношения гиппокампа и неокортекса мозга крыс 3
- Копылова Г.Н., Бондаренко Н.С., Умарова Б.А., Самонина Г.Е., Гусева А.А., Платонова Р.Д. Защитное действие пептида пролил-глицил-пролина (PGP) при анафилактической реакции у мышей, вызванной веществом 48/80. 9

Генетика

- Семёнова А.В., Пономарёв С.А. Временная изменчивость генетических характеристик кумжи *Salmo trutta* L. ручья Воробьева (Белое море) на основании анализа аллозимов. 13

Микология и альгология

- Тамбиев А.Х., Васильева С.Г., Лукьянов А.А. Проявление солетолерантности цианобактерий рода *Arthrospira* (*Spirulina*) — *Spirulina platensis* и *Spirulina maxima* 17

Экология

- Кочетова О.С., Семёнов В.Б., Зотов В.А., Щигель Д.С. Мониторинг мицетобионтных жесткокрылых насекомых с помощью ловушки Кайла 22
- Ивановский А.А. Ассамблеи макрозообентоса в родниках Пензенской области 26

Даты

- Колотилова Н.Н., Нетрусов А.И. Всероссийский симпозиум с международным участием “Автотрофные микроорганизмы” (Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, биологический факультет, 23—26 декабря 2010 г.) 31
- Колотилова Н.Н., Нетрусов А.И. Всероссийский симпозиум с международным участием “Биологически активные вещества микроорганизмов: прошлое, настоящее, будущее” (Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, биологический факультет, 27—29 января 2011 г.) 33
- Щербенев Г.Я., Соловченко А.Е. К 110-летию С.И. Исаева и 80-летию ВНИИС им. И.В. Мичурина. С.И. Исаев — селекционер-глобалист 35
- Прозорова Л.А., Терновенко В.А., Ситникова Т.Я. Памяти замечательного человека Петра Владимировича Матёкина — легендарного старейшего профессора МГУ (6.04.1917—6.05.2010) 39
- Указатель статей, опубликованных в журнале “Вестник Московского университета. Серия 16. Биология” в 2011 году 42

CONTENTS

Physiology

- Loginova N.A., Tushmalova N.A., Baskova I.P., Voevodina E.B., Mats V.N., Pasikova N.V.* Analysis of influence of biologically active compound of natural origin Piyavit® on conditioned memory, neuron-glia interaction of hippocampus and neocortex of rats' brain. . . . 3
- Kopylova G.N., Bondarenko N.S., Umarova B.A., Samonina G.E., Guseva A.A., Platono-
va R.D.* The protective effect of prolil-glycil-proline (PGP) in compound 48/80-induced anaphylactoid reaction in mice. 9

Genetics

- Semenova A.V., Ponomarev S.A.* Temporal variability the genetic characteristics in broun trout (*Salmo trutta* L.) from the Vorob'ev river (White Sea) on allozyme 13

Micology and Algology

- Tambiev A.Kh., Vasilieva S.G., Lukyanov A.A.* The manifestation of salt tolerance for cyanobacteria of *Arthrospira* (*Spirulina*) genus — *Spirulina platensis* and *Spirulina maxima* . . 17

Ecology

- Kochetova O.S., Semenov V.B., Zotov V.A., Schigel D.S.* Monitoring of micetobiont insects (Coleoptera) with using Kaila's traps 22
- Ivanovsky A.A.* Macrozoobenthos assemblages in springs of Penza region 26

Dates

- Kolotilova N.N., Netrysov A.I.* All Russian simposium with international participation "Autotrophic microorganisms" (M.V. Lomonosov MSU, Biological faculty, December 23—26, 2010) 31
- Kolotilova N.N., Netrysov A.I.* All Russian simposium with international participation "Bioactive compounde of microorganisms: the past, the present, and the future" (M.V. Lomonosov MSU, Biological faculty, January 27—29, 2011) 33
- Tscherbenev G.Y., Solovchenko A.E.* Celebrating 110th anniversary of S.I. Isaev and 80th anniversary of I.V. Michurin Research Institute of Horticulture: S.I. Isaev — a globalist plant breader 35
- Prozorova L.A., Ternovenko V.A., Sitnikova T.G.* In memorian: Piotr Vladimirovich Matyokin, a brilli and man and the legendary oldest professor of MSU (6.04.1917—6.05.2010) . . 39
- Index of papers* published in "Vestnik Moskovskogo Universiteta. Biologia" in 2011 42

ФИЗИОЛОГИЯ

УДК 612.82:612.821.6:612.822.5

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНОГО СОЕДИНЕНИЯ ПРИРОДНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ ПИЯВИТ® НА УСЛОВНО-РЕФЛЕКТОРНУЮ ПАМЯТЬ, НЕЙРОНО-ГЛИАЛЬНЫЕ СООТНОШЕНИЯ ГИППОКАМПА И НЕОКОРТЕКСА МОЗГА КРЫС**Н.А. Логинова*, Н.А. Тушмалова, И.П. Баскова,
Е.Б. Воеводина, В.Н. Мац*, Н.В. Пасикова****(кафедра высшей нервной деятельности, лаборатория эволюции механизмов памяти;
e-mail: nadinvnd@yandex.ru)*

В данном исследовании был выявлен мнемотропный эффект в действии Пиявита® — биологически активного соединения природного происхождения — на формирование у крыс условного рефлекса активного избегания. Морфологические изменения в нейроно-глиальном комплексе и капиллярах головного мозга при введении Пиявита® в неокортексе и гиппокампе были разнонаправленными. Предполагается, что улучшение формирования памяти на фоне введения Пиявита® связано с изменением метаболизма в нервной ткани.

Ключевые слова: пиявит, память, морфометрический анализ, моторная кора, гиппокамп.

Данная работа выполнена в рамках концепции Н.А. Тушмаловой об эволюционно-молекулярных основах памяти и посвящена исследованию влияния биологически активных соединений природного происхождения на регуляцию формирования памяти [1]. Пиявит® является соединением метаболического типа действия, полифункциональное действие которого связано с содержащимся в нем секретом слюнных желез, который вызывает увеличение синтеза оксида азота в эндотелиальных клетках капилляров [2]. В нервной системе гирудин, входящий в состав Пиявита®, может действовать через рецепторы PARs (protease-activated receptors), которые экспрессируются на нейронах и глии в коре, гиппокампе, амигдале и других структурах [3]. Секрет слюнной железы, входящий в состав Пиявита®, вызывает изменение степени метилирования ДНК [4], которое является одним из механизмов регуляции экспрессии генов [5, 6]. В аспекте участия Пиявита® в формировании и сохранении памяти [7] весьма важно подчеркнуть, что ранее нами в совместных функционально-молекулярных исследованиях в рамках развития гипотезы параллельного кодирования памяти [8] было обнаружено повышение степени метилирования ДНК мозга крыс, отражающее феномен условно-рефлекторной памяти [9]. Важно подчеркнуть, что эти изменения были структурно специфичны и максимально выражены в гиппокампе по сравнению с корой и мозжечком [9, 10].

Чтобы оценить действие препарата на функции нервной системы наиболее оптимальным является комплексный подход к исследованию структурных и функциональных перестроек в организме.

В процессах формирования памяти ведущая роль принадлежит гиппокампу и коре больших полушарий головного мозга [11–15]. Изменение нейроно-глиальных соотношений, состояние триады “нейрон—глия—сосуд” рассматриваются как отражение функциональной активности различных структур в головном мозге [16–22].

В настоящей работе исследовали влияние Пиявита® в дозе 100 мг/кг на формирование у крыс условного рефлекса активного избегания как модели ассоциативной памяти и анализировали изменения нейроно-глиальных соотношений и плотности капилляров в V слое моторной коры и поля СА3 дорзального гиппокампа.

Материалы и методы

Работа проведена на 43 крысах-самцах линии Вистар массой 200–220 г, содержащихся в стандартных условиях вивария. Животные были разделены на 4 группы, у них вырабатывали условный рефлекс активного избегания (УРАИ) на фоне введения физиологического раствора (группа УРАИ + ФР, n = 13) или Пиявита® в дозе 100 мг/кг (группа УРАИ + П100, n = 10) либо не вырабатывали рефлекса (группа активного контроля — КОНТР), но

* Учреждение Российской академии наук Институт высшей нервной деятельности и нейрофизиологии РАН, лаборатория функциональной нейроцитологии.

при этом им хронически вводили физиологический раствор (группа КОНТР + ФР, $n = 10$) или Пия-вит® в дозе 100 мг/кг (группа КОНТР + П100, $n = 10$). Препараты начинали вводить за 5 дней до начала эксперимента и продолжали введение до его окончания. Раствор для внутривбрюшинных инъекций готовили, используя лиофилизированный порошок из медицинской пиявки (*Hirudo medicinalis* L.) (ООО Научно-внедренческая фирма "Гируд И.Н.", регистрационный № 000363/022001). Навеску порошка растворяли в физиологическом растворе из расчета 100 мг на 1 кг веса животного. Полученную смесь помещали в термостат при 37° на 40 мин, затем центрифугировали при 2000 об/мин в течение 15 мин. Полученный супернатант использовали для внутривбрюшинного введения [23].

Выработку условного рефлекса активного избегания проводили в челночной камере по стандартной методике в течение 5 и более сеансов (по 20 предъявлений в каждом). Опыт протекал по следующей схеме: включали условный раздражитель (звук) и через 10 с — безусловный (ток, сила тока — 0,2—1 мА). Перемещение животного в другую половину камеры выключало оба стимула. Межсигнальный период равнялся 25—30 с. Регистрировали латентный пе-

риод совершения реакции, на основании которого вычисляли коэффициент обучения [24, 25], который характеризует прочность памятного следа:

$$\eta_n = (1/20)\Sigma(10 - t_{nj}),$$

где t_{nj} — время (в секундах) от начала подачи условного стимула (звук) до перехода крысы в другую часть камеры или до конца действия безусловного стимула (ток); j — номер предъявления условного стимула (звука), n — эксперимент в n -й день.

После окончания поведенческих экспериментов животных декапитировали, головной мозг фиксировали в 4%-м растворе формалина на фосфатном буфере (рН = 7,2—7,4), получали фронтальные срезы и окрашивали по методу Ниссля. Затем проводили морфометрический анализ нейроно-глиальных соотношений в V слое моторной коры (рис. 1, А) и поле СА3 дорзального гиппокампа (рис. 1, Б). Подсчет числа нейронов и глии проводили на случайно выбранных полях зрения площадью 0,0144 мм² при увеличении 640 раз, а количества капилляров — на случайно выбранных полях зрения площадью 0,016 мм² при увеличении в 320 раз. Анализировали плотность распределения нейронов, свободной и сателлитной глии, капилляров (рис. 1, В), вычис-

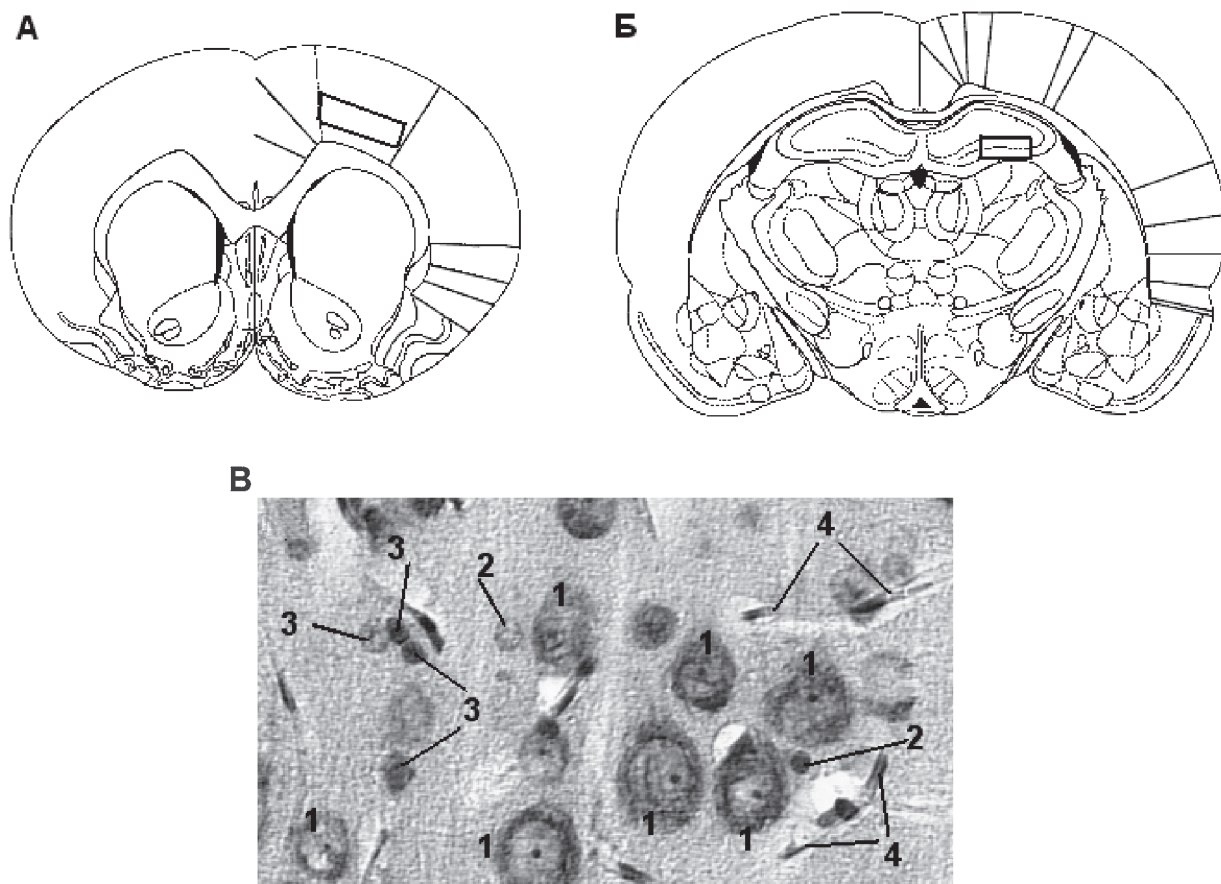


Рис. 1. Фотография атласа головного мозга крысы: А — фронтальный срез мозга крысы (bregma 1,60 мм), заштрихованная область — V слой моторной коры, Б — фронтальный срез мозга крысы (bregma -3,14 мм), заштрихованная область — поле СА3 дорзального гиппокампа. В — микрофотография фрагмента фронтального среза V слоя моторной коры крысы; окраска по методу Ниссля, ув. 640: об. 40, ок. 16; 1 — нейрон, 2 — сателлитная глия, 3 — свободная глия, 4 — капилляр

ляли глиальный индекс (отношение количества глии к числу нейронов).

Статистический анализ данных поведенческих экспериментов проводили с помощью непараметрического критерия Манна—Уитни для независимых признаков, а данные морфометрических исследований — с помощью двухфакторного дисперсионного анализа ANOVA с последующим сравнением по критерию Ньюмана—Кеулса. Уровень $p < 0,05$ считался статистически значимым, а $p < 0,1$ — как тенденция.

Результаты и обсуждение

При исследовании действия препарата Пиявит® в дозе 100 мг/кг на выработку у крыс условного рефлекса активного избегания было выявлено, что в 1-м сеансе величина коэффициента в группе УРАИ + П100 выше ($-1,5 \pm 0,7$), чем в контроле УРАИ + ФР ($-4,4 \pm 0,7$) ($p < 0,05$). Во 2-м сеансе коэффициент обучения в группе УРАИ + П100 выше, чем в контроле УРАИ + ФР ($0,9 \pm 0,9$ и $-2,0 \pm 1,4$ соответственно, $p < 0,1$ — тенденция), так же, как и в 4-м и 5-м сеансах ($p < 0,1$ — тенденция) (рис. 2).

Таким образом, введение Пиявита® в дозе 100 мг/кг ускоряло формирование памяти, что выражалось в увеличении коэффициента обучения по сравнению с контрольной группой животных. Эти данные согласуются с предыдущими исследованиями, в которых было показано улучшение сохранности памятного следа на модели условного рефлекса пассивного избегания [7].

После выработки у крыс условного рефлекса активного избегания в V слое моторной коры и поле СА3 дорзального гиппокампа анализировали изменение нейроно-глиальных соотношений (рис. 3) и плотности капилляров (рис. 4). При анализе морфометрических показателей учитывали влияние факторов обучения, вводимого препарата, а также сочетание этих факторов.

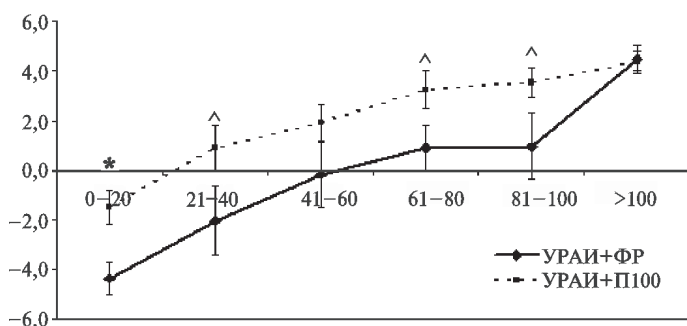


Рис. 2. Динамика выработки условного рефлекса активного избегания (УРАИ) на фоне введения физиологического раствора (УРАИ + ФР) и Пиявита® в дозе 100 мг/кг (УРАИ+П100). По оси абсцисс — номера предъявлений, по оси ординат — величина коэффициента обучения.

* $p < 0,05$, ^ — $p < 0,1$ — по сравнению с группой УРАИ + ФР, непараметрический критерий Манна—Уитни для независимых признаков

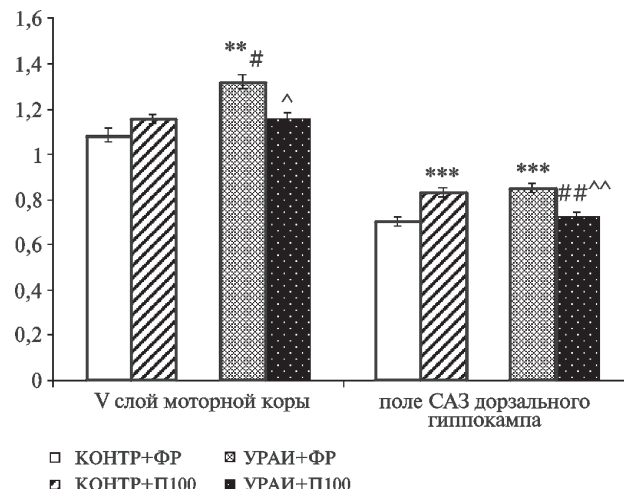


Рис. 3. Величина глиального индекса на единицу площади среза в V слое моторной коры и поле СА3 дорзального гиппокампа крыс в контроле на фоне введения физиологического раствора (КОНТР + ФР) и Пиявита® в дозе 100 мг/кг (КОНТР + П100), а также при выработке условного рефлекса активного избегания (УРАИ) на фоне введения физиологического раствора (УРАИ + ФР) и Пиявита® в дозе 100 мг/кг (УРАИ + П100). По оси абсцисс — структуры мозга, по оси ординат — величина глиального индекса.

** — $p < 0,001$, *** — $p < 0,0001$ — по сравнению с группой КОНТР + ФР, # — $p < 0,05$, ## — $p < 0,001$ — по сравнению с группой КОНТР + П100, ^ — $p < 0,05$, ^^ — $p < 0,001$ — по сравнению с группой УРАИ + ФР, двухфакторный дисперсионный анализ ANOVA с последующим сравнением по критерию Ньюмана—Кеулса

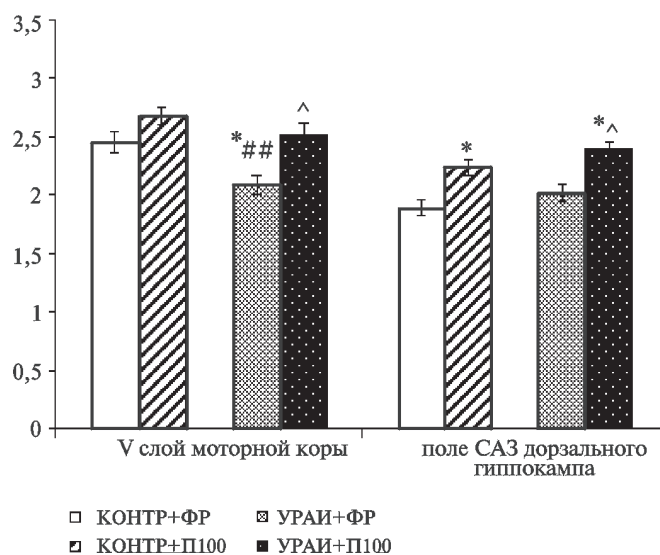


Рис. 4. Количество капилляров на единицу площади среза в V слое моторной коры и поле СА3 дорзального гиппокампа крыс в контроле на фоне введения физиологического раствора (КОНТР + ФР) и Пиявита® в дозе 100 мг/кг (КОНТР + П100), а также при выработке условного рефлекса активного избегания (УРАИ) на фоне введения физиологического раствора (УРАИ + ФР) и Пиявита® в дозе 100 мг/кг (УРАИ + П100). По оси абсцисс — структуры мозга, по оси ординат — плотность капилляров.

* — $p < 0,05$ — по сравнению с группой КОНТР + ФР, # — $p < 0,05$ — по сравнению с группой КОНТР + П100, ^ — $p < 0,05$ — по сравнению с группой УРАИ + ФР, двухфакторный дисперсионный анализ ANOVA с последующим сравнением по критерию Ньюмана—Кеулса

Было показано, что на величину глиального индекса в V слое моторной коры оказывает влияние фактор обучения ($F(1,1644) = 4,24$, $p < 0,05$), а также сочетание факторов обучения и введения препарата: $F(1,1644) = 5,07$, $p < 0,05$. При обучении в группе УРАИ + ФР происходило увеличение глиального индекса ($1,32 \pm 0,03$) по сравнению с группой необученных крыс КОНТР + ФР ($1,08 \pm 0,03$) ($p < 0,001$), что согласуется с данными литературы [17–19]. У обученных крыс в группе УРАИ + П100 величина глиального индекса снижалась ($1,15 \pm 0,03$) по сравнению с группой УРАИ + ФР ($p < 0,05$), но не изменялась по сравнению с необученными животными (рис. 3), что может быть объяснено антипролиферативным эффектом Пиявита® [23].

Введение препарата вызывало изменение величины глиального индекса в поле СА3 дорзального гиппокампа: $F(1,962) = 24,23$, $p < 0,0001$. Введение Пиявита® необученным животным приводило к увеличению глиального индекса в гиппокампе ($0,83 \pm 0,02$) по сравнению с группой КОНТР + ФР ($0,70 \pm 0,02$) ($p < 0,0001$) (рис. 3). Различия в реакции нейроно-глиального комплекса в коре и гиппокампе в ответ на введение Пиявита® могут быть объяснены большей экспрессией рецепторов PAR именно в гиппокампе [3], через которые путем изменения концентрации эндогенного тромбина [26] может действовать Пиявит®. Обучение приводило к увеличению глиального индекса в группе крыс УРАИ + ФР ($0,85 \pm 0,02$) по сравнению с группой КОНТР + ФР ($0,70 \pm 0,02$) ($p < 0,0001$). Как и в коре, в гиппокампе глиальный индекс в группе УРАИ + П100 снижался ($0,72 \pm 0,02$) по сравнению с группами крыс КОНТР + П100 ($0,83 \pm 0,02$) ($p < 0,001$) и УРАИ + ФР ($0,85 \pm 0,02$) ($p < 0,001$) (рис. 3).

Плотность капилляров в V слое моторной коры у крыс изменялась при обучении ($F(1,756) = 9,50$, $p < 0,01$) и введении препарата ($F(1,756) = 13,53$, $p < 0,001$). Обучение приводило к снижению количества капилляров в группе УРАИ + ФР ($2,09 \pm 0,08$) по сравнению с группами КОНТР + ФР ($2,46 \pm 0,09$) ($p < 0,05$) и КОНТР + П100 ($2,68 \pm 0,08$) ($p < 0,001$) (рис. 4). Введение Пиявита® на фоне обучения приводило к увеличению количества капилляров ($2,51 \pm 0,1$) по сравнению с контрольной груп-

пой УРАИ + ФР ($2,09 \pm 0,08$) ($p < 0,05$) (рис. 4). На количество капилляров в гиппокампе оказывал влияние фактор введения Пиявита® ($F(1,796) = 26,60$, $p < 0,0001$). У необученных животных введение Пиявита® вызывало увеличение количества капилляров ($2,24 \pm 0,07$) по сравнению с группой крыс КОНТР + ФР ($1,89 \pm 0,07$) ($p < 0,05$). В группе УРАИ + П100 количество капилляров увеличивалось ($2,39 \pm 0,07$) по сравнению с группами КОНТР + ФР ($1,89 \pm 0,07$) ($p < 0,05$) и УРАИ + ФР ($2,02 \pm 0,07$) ($p < 0,05$) (рис. 4). Таким образом, снижение плотности капилляров при выработке рефлекса нивелировалось введением Пиявита®. Увеличение плотности капилляров на фоне введения Пиявита® может быть связано с влиянием секрета слюнных желез на активацию NO-синтазы, как это было показано на культуре эндотелиальных клеток человека (HUVEC) [2].

Итак, было получено, что Пиявит® улучшает выработку условного рефлекса активного избегания на первых этапах обучения, что согласуется с предыдущими исследованиями [7]. Морфометрический анализ, проведенный в V слое моторной коры и поле СА3 дорзального гиппокампа показал, что введение Пиявита® необученным животным вызывает увеличение глиального индекса и плотности капилляров только в гиппокампе, что может быть связано с различной плотностью рецепторов PAR [3, 26], через которые может действовать тромбин, концентрацию которого изменяет гирудин — основной компонент препарата [23]. В то же время введение Пиявита® при обучении вызывает снижение глиального индекса как в гиппокампе, так и в коре, что может быть связано с антипролиферативным действием препарата [25], а увеличение плотности капилляров в этих структурах — с активацией синтеза NO-синтазы в эндотелиальных клетках капилляров [2] (одного из механизмов ангиогенеза [27]).

Таким образом, мы предполагаем, что улучшение формирования памяти на фоне введения Пиявита® может быть обусловлено воздействием компонентов препарата на микроциркуляторное русло неокортекса и гиппокампа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тушмалова Н.А., Прагина Л.Л. Эволюционно-молекулярный принцип индикации мнемотропных свойств биологически активных соединений природного происхождения // Вестн. Моск. ун-та. Сер. Биология. 2002. № 3. С. 3–6.
2. Баскова И.П., Алексеева А.Ю., Вейко Н.Н. Секрет слюнных желез медицинской пиявки стимулирует синтез NO в культуре эндотелиальных клеток человека (HUVEC) // Всерос. конф. с междунар. участием “Тромбозы, кровоточивость, ДВС-синдром: современные подходы к диагностике и лечению”. М., 2009. С. 8–9.
3. Striggo F., Riek-Burchardt M., Kiesel A., Schmidt W., Henrich-Noack P., Breder J., Krug M., Reymann K.G., Reiser G. Four different types of protease-activated receptors are widely expressed in the brain and are up-regulated in hippocampus by severe ischemia // European J. of Neuroscience. 2001. Vol. 14. N 4. P. 595–608.
4. Никонов Г.И., Романенко Е.Б., Ванюшин Б.Ф., Баскова И.П. Влияние препаратов из пиявок *Hirudo medicinalis* на метилирование ДНК печени крыс // Биол. науки. 1990. № 4. С. 21–25.

5. Ванюшин Б.Ф. Энзиматическое метилирование ДНК — эпигенетический контроль за генетическими функциями клетки // Биохимия. 2005. Т. 70. Вып. 5. С. 598—611.
6. Bird A. DNA methylation patterns and epigenetic memory // *Genes and Development*. 2002. Vol. 16. P. 6—21.
7. Тушмалова Н.А., Прагина Л.Л., Баскова И.П., Басанова А.В., Завалова Л.Л. Улучшение выработки и воспроизведения условного рефлекса пассивного избегания у крыс под влиянием пиявиты // Журн. высш. нервн. деят. 2001. Т. 51. № 2. С. 252—253.
8. Тушмалова Н.А. Гипотеза параллельного кодирования памяти // Биол. науки. 1973. № 6. С. 37—41.
9. Ашапкин В.В., Романов Г.А., Тушмалова Н.А., Ванюшин Б.Ф. Индуцированный обучением избирательный синтез ДНК в мозге крыс // Биохимия. 1983. Т. 48. Вып. 3. С. 355—362.
10. Гуськова Л.В., Бурцева Н.Н., Тушмалова Н.А., Ванюшин Б.Ф. Уровень метилирования ДНК ядер нейронов и глии коры больших полушарий мозга крыс и его изменения при выработке условного рефлекса // Докл. АН СССР. 1977. Т. 233. № 5. С. 993—996.
11. Гамбарян Л.С., Коваль И.Н. Гиппокамп. Физиология и морфология. Ереван: Изд-во АН Армянской ССР, 1973. 103 с.
12. Виноградова О.С. Гиппокамп и память. М.: Наука, 1975. 333 с.
13. Бериташвили И.С. Память позвоночных животных. М.: Наука, 1974. 300 с.
14. Cavallaro S., Schreurs B.G., Zhao W., D'Agata V., Alkon D.L. Gene expression profiles during long-term memory consolidation // *Eur. J. Neurosci*. 2001. Vol. 13. N 9. P. 1809—1815.
15. Hatsopoulos N.G., Xu Q., Amit Y. Encoding of movement fragments in the motor cortex // *J. of neuroscience*. 2007. Vol. 27. P. 5105—5114.
16. Бродский В.Я. Трофика клетки. М.: Наука, 1966. 355 с.
17. Ройтбак А.И. Глия и ее роль в нервной деятельности. СПб.: Наука, 1993. 352 с.
18. Мац В.Н. Нейроно-глиальные соотношения в неокортексе при обучении. М.: Наука, 1994. 95 с.
19. Anderson B.J., Li X., Alcantara A.A., Isaacs K.R., Black J.E., Greenough W.T. Glial hypertrophy is associated with synaptogenesis following motor-skill learning, but not with angiogenesis following exercise // *Glia*. 1994. Vol. 11. N 1. P. 73—80.
20. Banachlocha M.A. Neuromagnetic dialogue between neuronal minicolumns and astroglial network: a new approach for memory and cerebral computation // *Brain Res. Bull*. 2007. Vol. 73. N 1—3. P. 21—27.
21. Gibbs M.E., Hutchinson D., Hertz L. Astrocytic involvement in learning and memory consolidation // *Neurosci. Biobehav. Rev*. 2008.
22. Salmina A.B. Neuron-glia interactions as therapeutic targets in neurodegeneration // *J. Alzheimers Dis*. 2009. Vol. 16. N 3. P. 485—502.
23. Баскова И.П., Исаханян Г.С. Гирудотерапия. Наука и практика. М.: Наука, 2004. 507 с.
24. Новоселецкая А.В., Тушмалова Н.А., Воеводина Е.Б. Количественная оценка степени консолидации памятного следа на примере изучения мнемотропных свойств препарата деринат // IV Междунар. междисциплинарный конгресс “Нейронаука для медицины и психологии”. 10—20 июня. 2008. Судак, Крым, Украина. С. 215.
25. Тушмалова Н.А., Прагина Л.Л., Мальцева Е.Л., Воеводина Е.Б., Бурлакова Е.Б. Влияние малых доз пиявиты на условный рефлекс пассивного избегания (как модели памяти) у крыс // Вестн. Моск. ун-та. 2008. № 4. С. 3—7.
26. Горбачева Л.Р. Нейропротективное действие ключевых протеиназ гемостаза: Автореф. дис. ... докт. биол. наук. М., 2008. 48 с.
27. Cooke J.P., Losordo D.W. Nitric Oxide and Angiogenesis // *Circulation*. 2002. Vol. 105. P. 2133—2135.

Поступила в редакцию
28.04.2011

ANALYSIS OF INFLUENCE OF BIOLOGICALLY ACTIVE COMPOUND OF NATURAL ORIGIN PIYAVIT® ON CONDITIONED MEMORY, NEURON-GLIA INTERACTION OF HIPPOCAMPUS AND NEOCORTEX OF RATS' BRAIN

N.A. Loginova, N.A. Tushmalova, I.P. Baskova,
E.B. Voevodina, V.N. Mats, N.V. Pasikova

In the present research we studied mnemotropic effect of Piyavit® — the biologically active compound of natural origin — on the fear conditioning. Morphological changes in the neocortex and hippocampus of neuron-glia complex and brains' capillaries under the Piyavit® injection were differently directed. We suggest that improvement of memory under the Piyavit® is associated with metabolic changes in nervous tissue.

Key words: *Piyavit, memory, morphometric analysis, motor cortex, hippocampus.*

Сведения об авторах

Логинова Надежда Александровна — канд. биол. наук, науч. сотр. лаборатории функциональной нейробиологии Учреждения Российской академии наук Института высшей нервной деятельности и нейрофизиологии РАН. Тел.: (495)334-82-19; e-mail: nadinvnd@yandex.ru

Тушмалова Нина Александровна — докт. биол. наук, проф., гл. научн. сотр., заслуженный научный сотрудник Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова, кафедра высшей нервной деятельности, лаборатория эволюции механизмов памяти. Тел.: 8(495)939-50-01; e-mail: nadinvnd@yandex.ru

Баскова Изольда Порфирьевна — докт. биол. наук, проф., вед. науч. сотр. кафедры физиологии человека и животных биологического факультета МГУ. Тел.: (495)939-14-11; e-mail: salival@yandex.ru

Воеводина Елена Борисовна — мл. науч. сотр. кафедры высшей нервной деятельности биологического факультета МГУ. Тел.: (495)939-50-01; e-mail: evovoda@mail.ru

Мац Валентина Николаевна — канд. биол. наук, вед. науч. сотр. лаборатории функциональной нейрцитологии Учреждения Российской академии наук Института высшей нервной деятельности и нейрофизиологии РАН. Тел.: (495)334-82-19; e-mail: natpas@mail.ru

Пасикова Наталья Викторовна — канд. биол. наук, ст. науч. сотр., ученый секретарь Учреждения Российской академии наук Института высшей нервной деятельности и нейрофизиологии РАН. Тел.: (495)334-82-19; e-mail: natpas@mail.ru

УДК 616.092.19:612.122.93

ЗАЩИТНОЕ ДЕЙСТВИЕ ПЕПТИДА ПРОЛИЛ-ГЛИЦИЛ-ПРОЛИНА (PGP) ПРИ АНАФИЛАКТОИДНОЙ РЕАКЦИИ У МЫШЕЙ, ВЫЗВАННОЙ ВЕЩЕСТВОМ 48/80

Г.Н. Копылова, Н.С. Бондаренко, Б.А. Умарова,
Г.Е. Самонина, А.А. Гусева, Р.Д. Платонова

(кафедра физиологии человека и животных; e-mail: n.s.bondarenko@gmail.com)

Целью работы было исследование влияния пептида PGP на развитие анафилактической реакции у мышей, вызванной введением вещества 48/80, и на секрецию гистамина тучными клетками при их активации веществом 48/80.

Анафилактическую реакцию вызывали внутрибрюшинным введением мышам вещества 48/80. Наблюдение за развитием реакции производилось в течение 1 ч. Отмечали число животных с проявлениями симптомов анафилактической реакции, тяжесть этих симптомов, количество погибших животных и время смерти. Для исследований *in vitro* тучные клетки получали из перитонеальной полости крыс. Секретируемый гистамин определяли по образованию флуоресцирующего комплекса в реакции конденсации с ортофталевым альдегидом.

Предварительное введение PGP мышам (за 15 мин до вещества 48/80) снижало процент смертности животных и уменьшало выраженность симптомов анафилактической реакции. В опытах *in vitro* PGP не оказывал влияния на секрецию гистамина тучными клетками при их активации веществом 48/80.

Полученные результаты свидетельствуют о наличии в механизме защитного действия PGP при анафилактической реакции компонента, не связанного со стабилизацией тучных клеток.

Ключевые слова: анафилактическая реакция, регуляторные пептиды, вещество 48/80.

Анафилаксия — это аномальный ответ организма на определенный антиген, характеризующийся лавинообразным освобождением из тканей и клеток гистамина, в результате чего возникает местная или общая аллергическая реакция. В некоторых случаях развивается анафилактический шок — чрезвычайно сильная общая аллергическая реакция, при которой освободившийся из клеток гистамин вызывает отеки, сужение бронхов, сердечную недостаточность, что может привести к летальному исходу.

В развитии аллергических реакций большая роль принадлежит воспалению, развивающемуся в ответ на высвобождение из тучных клеток гистамина и других провоспалительных медиаторов.

Ранее нами было показано, что регуляторные пептиды семейства глипролинов обладают противовоспалительными свойствами. PGP и его метаболиты предотвращали или снижали образование экссудата в перитонеальной полости и нарушения сократительной активности лимфатических сосудов при экспериментальном перитоните у крыс [1, 2]. Кроме того, глипролины уменьшали дегрануляцию тучных клеток [3]. Учитывая это, мы предположили, что глипролины могут облегчить течение анафилактической реакции у мышей, вызванной введением вещества 48/80, которое вызывает массивное высвобождение из тучных клеток гистамина и других провоспалительных медиаторов [4, 5]. Провер-

ка этого предположения и явилась целью настоящей работы.

Материалы и методы

Пептид (PGP) был синтезирован в Институте молекулярной генетики РАН, Россия.

Модель анафилактической реакции у мышей [6]. В экспериментах на животных использовали самцов белых лабораторных мышей весом 20—40 г. Анафилактическую реакцию вызывали внутрибрюшинным введением вещества 48/80 (Sigma).

Мыши были разделены на две группы. Опытной группе животных предварительно, за 15 мин до введения вещества 48/80 (8 мг/кг), внутрибрюшинно вводили PGP (1 мг/кг). Животным контрольной группы вместо пептида вводили физиологический раствор.

Наблюдения проводили в течение 1 ч, отмечая число животных с проявлениями симптомов анафилактической реакции, тяжесть этих симптомов, количество погибших животных и время смерти.

Метод выделения тучных клеток из перитонеальной полости крыс [7]. Для получения пула тучных клеток использовали самцов белых беспородных крыс весом 230—450 г.

Наркотизированных животных декапитировали и обескровливали. Через разрез в брюшную полость вводили 10 мл раствора буфера Hepes-NaCl

(рН = 7,4) и массировали брюшную стенку в течение 1 мин. Жидкость из перитонеальной полости собирали и центрифугировали в течение 5 мин при 800 об/мин (4°). Супернатант удаляли, осадок суспендировали в 2 мл Hepes-NaCl (рН = 7,4). Тучные клетки очищали, нанося на градиент (30 и 40%) фикола и центрифугировали 10 мин при 1200 об/мин (18°). Вошедшие в слой фикола тучные клетки собирали и трижды промывали сбалансированным раствором (буфер Hepes-NaCl (рН = 7,4), содержащим 5 mM KCl, 1 mM CaCl₂, 1 mM MgCl₂, 5 mM глюкозы и 0,1% BSA). После каждого промывания клетки центрифугировали в течение 10 мин последовательно при 1000, 800 и 600 об/мин. Осадок перитонеальных тучных клеток разводили в небольшом количестве (1–2 мл) сбалансированного раствора. Подсчет клеток проводили в камере Горяева.

Метод определения гистамина [8]. Метод основан на реакции конденсации гистамина с ортофталевым альдегидом, в результате которой образуется флуоресцирующий комплекс. Для активации к 90 мкл тучных клеток добавляли вещество 48/80 (от $2 \cdot 10^{-5}$ до 2 мг/мл) и смесь инкубировали 10 мин при 37°. Реакцию останавливали, доводя объем проб до 400 мкл охлажденным сбалансированным буфером, и помещали на холод на 5 мин. Затем пробы центрифугировали 10 мин при 1600 об/мин. В супернатанте определяли секретируемый гистамин. Для определения остаточного гистамина осадок растворяли в 400 мкл сбалансированного буфера. Тучные клетки разрушали кипячением на водяной бане в течение 5 мин, центрифугировали 10 мин при 1600 об/мин и отбирали по 100 мкл супернатанта.

Для определения содержания гистамина к 100 мкл пробы последовательно добавляли 20 мкл 1N NaOH, 10 мкл 0,1%-го раствора ортофталового альдегида и через 4 мин для подкисления 10 мкл 3N HCl. После добавления каждого реактива смесь тщательно перемешивали.

Флуоресценцию измеряли на спектрофлуориметре Thermo Fluoroscanner Ascent при 460 нм, возбуждая при 335 нм. Количество секретируемого гистамина вычисляли по формуле: $A/(A + B) \cdot 100\%$, где А — содержание гистамина в супернатанте, В — содержание гистамина в осадке, и выражали в процентах относительно общего содержания в клетках.

Результаты были статистически обработаны с помощью t-критерия Стьюдента и критерия χ -квадрат (с поправкой для малых выборок) в компьютерной программе STATISTICA 6. Критической величиной значимости считали 0,05.

Результаты и обсуждение

В первой серии экспериментов *in vivo* мышам вводили вещество 48/80 в дозе 8 мг/кг. Развивающаяся у них анафилактическая реакция сопровождалась проявлением таких симптомов, как корчи, зуд, отек морды, лап, гиперемия хвоста и судорожное дыхание.

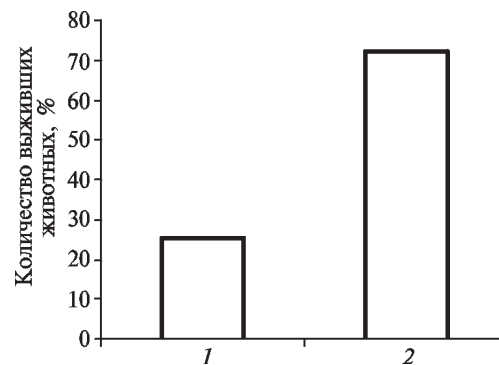


Рис. 1. Влияние предварительного введения PGP на выживаемость мышей при анафилактической реакции, вызванной веществом 48/80. 1 — контроль — введение 0,85% NaCl и вещества 48/80 (N = 18); 2 — опыт — введение PGP и вещества 48/80 (N = 18)

рожное дыхание. В 73% случаев животные погибали в течение получаса.

Увеличение дозы вещества 48/80 не приводило к изменению соотношения числа погибших и выживших животных.

Если за 15 мин до введения вещества 48/80 вводили PGP (1 мг/кг), уровень смертности животных достоверно ($p = 0,0373$) снижался. В этом случае погибли лишь 27% животных и уменьшилась выраженность таких симптомов, как отек морды, лап, гиперемия хвоста и судорожное дыхание. Аналогичный эффект оказывал PGP и при введении мышам вещества 48/80 в дозе 12 мг/кг. На рис. 1 и 2 представлены объединенные данные первой серии экспериментов.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что PGP может облегчать состояние организма и уменьшать смертность экспериментальных животных при анафилактических реакциях, вызванных введением экзогенного либератора гистамина — вещества 48/80.

Для того чтобы выяснить, связаны ли защитные свойства PGP со стабилизацией тучных клеток

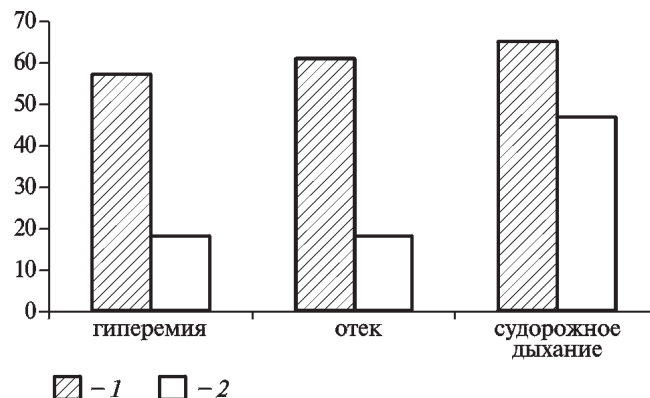


Рис. 2. Количество животных (%) с проявлением симптомов анафилактической реакции, развивающейся на фоне предварительного введения PGP. 1 — контроль — введение 0,85% NaCl и вещества 48/80 (N = 18); 2 — опыт — введение PGP и вещества 48/80 (N = 18)

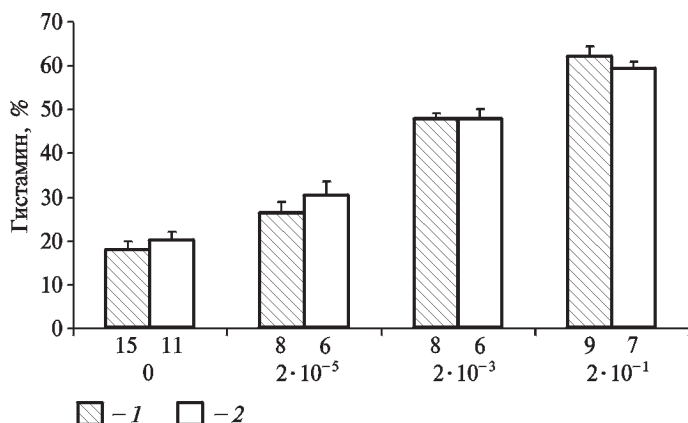


Рис. 3. Влияние PGP на секрецию гистамина перитонеальными тучными клетками при их активации веществом 48/80. 1 — контроль — сбалансированный буфер + вещество 48/80; 2 — опыт — PGP + вещество 48/80.

Цифры под столбиками — количество животных в каждой группе

или обусловлены иными механизмами, мы исследовали *in vitro* его влияние на секрецию гистамина очищенными перитонеальными тучными клетками крыс при их активации веществом 48/80.

Было показано, что вещество 48/80 в диапазоне исследуемых концентраций $2 \cdot 10^{-6}$ – $2 \cdot 10^{-1}$ мг/мл дозозависимо активирует перитонеальные тучные клетки. Средний уровень спонтанной секреции гистамина в этих опытах составил 18,2%. Предварительная инкубация клеток с PGP не предотвращала их активацию веществом 48/80, секреция гистамина при этом не изменялась (рис. 3).

Поскольку PGP не препятствует высвобождению гистамина при активации тучных клеток веществом 48/80 *in vitro*, можно полагать, что в механизме его защитного действия *in vivo* должен присутствовать компонент, не связанный со стабилизацией тучных клеток. Не зависящие от стабилизации тучных клеток механизмы могут включать в себя пеп-

тидную регуляцию тонуса сосудов [9], поддержание проницаемости эндотелия, поддержание адекватного кровотока [10, 11], повышение устойчивости клеток и тканей к окислительному стрессу [12]. Одной из причин гибели животных во время анафилактической реакции может быть спазм бронхов, приводящий к остановке дыхания. Однако сведения о действии глипролинов на бронхи отсутствуют.

Таким образом, реализация защитных свойств глипролинов на тканевом и органном уровне, по всей вероятности, осуществляется несколькими механизмами, среди которых существуют как зависящие, так и не зависящие от стабилизации тучных клеток. Существование механизмов, зависящих от стабилизации тучных клеток, подтверждается ранее полученными *in vitro* данными о способности глипролинов препятствовать активации тучных клеток эндогенным активатором синакеном — аналогом АКГГ [13].

Выводы

1. На модели анафилактической реакции у мышей, вызванной введением вещества 48/80, выявлены защитные эффекты пептида PGP.

2. В опытах *in vitro* установлено, что PGP не изменяет секреторный ответ тучных клеток на действие экзогенного активатора — вещества 48/80.

3. Полученные данные позволяют прийти к заключению, что стабилизация тучных клеток не является единственным механизмом, обеспечивающим защитное действие PGP.

* * *

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант № 09-04-00669а).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Умарова Б.А., Лелекова Т.В., Копылова Г.Н. и др. Роль протекторных эффектов пролинсодержащих пептидов (PGP, PG, GP) в нарушении сократительной функции лимфатических сосудов брыжейки при экспериментальном перитоните у крыс // Бюл. эксперимент. биол. и мед. 2006. Т. 142. № 9. С. 248–251.
2. Умарова Б.А., Копылова Г.Н., Лелекова Т.В. и др. Пептидная коррекция нарушений микроциркуляции брыжейки крыс при воспалении // Бюл. эксперимент. биол. и мед. 2007. Т. 144(1). С. 29–32.
3. Умарова Б.А., Копылова Г.Н., Лелекова Т.В. и др. Механизм протекторного действия глипролинов при стрессе и воспалении // Нейрохимия. 2008. Т. 25. № 1–2. С. 119–123.
4. Metcalfe D.D., Baram D., Mekori Y.A. Mast cells // Physiol. rev. 1997. Vol. 77. N 4. P. 1033–1079.
5. Palomäki V.A., Laitinen J.T. The basic secretagogue compound 48/80 activates G proteins indirectly via stimulation of phospholipase D-lysophosphatidic acid receptor axis

and 5-HT_{1A} receptors in rat brain sections // Br. J. Pharmacol. 2006. Vol. 147(6). P. 596–606.

6. Kim S.H., Choi C.H., Kim S.Y. et al. Anti-allergic effects of *Artemisia iwayomogi* on mast cell-mediated allergy model // Exp. Biol. Med. (Maywood). 2005. Vol. 230(1). P. 82–88.

7. Thon I.L., Uvnäs B. Degranulation and histamine release, two consecutive steps in the response of rat mast cells to compound 48/80 // Acta. Physiol. Scand. 1967. Vol. 71(4). P. 303–315.

8. Shore P.A. The chemical determination of histamine. Methods // Biochem. An. Suppl. 1971. P. 89–97.

9. Bakaeva Z.V., Badmaeva K.E., Sergeev I.Y., Samonina G.E. Effect of glyprolines on norepinephrine tone of isolated rat aortic rings // Bull. Exp. Biol. Med. 2003. Vol. 135(4). P. 334–336.

10. Жуйкова С.Е., Самонина Г.Е. Гомеостаз слизистой оболочки желудка и кровотока. Сообщение 2. Роль ишемии в нарушении гомеостаза слизистой оболоч-

ки желудка // Успехи физиол. наук. 2002. Т. 33. № 1. С. 77—87.

11. Копылова Г.Н., Смирнова Е.А., Санжиева Л.Ц. и др. Глипролины и семакс уменьшают стрессогенные нарушения микроциркуляции в брыжейке крыс // Бюл. эксперимент. биол. и мед. 2003. Т. 136. № 11. С. 497—499.

12. Safarova E.R., Shram S.I., Zolotarev Y.A., Myasodov N.F. Effect of Semax peptide on survival of cultured

rat pheochromocytoma cells during oxidative stress // Bull. Exp. Biol. Med. 2003. Vol. 135(3). P. 268—271.

13. Умарова Б.А., Копылова Г.Н., Смирнова Е.А. и др. Секреторная активность тучных клеток при стрессе — влияние пептидов пролил-глицил-пролина и семакса // Бюл. эксперимент. биол. и мед. 2003. Т. 136. № 10. С. 371—373.

Поступила в редакцию
28.03.11

THE PROTECTIVE EFFECT OF PROLIL-GLYCIL-PROLINE (PGP) IN COMPOUND 48/80-INDUCED ANAPHYLACTOID REACTION IN MICE

G.N. Kopylova, N.S. Bondarenko, B.A. Umarova,
G.E. Samonina, A.A. Guseva, R.D. Platonova

The influences of PGP on compound 48/80-induced anaphylactoid reaction development in mice and on histamine secretion from rat peritoneal mast cells (RPMC) were investigated. Anaphylactoid reaction was induced by intraperitoneal injection of compound 48/80 into mice. The amount of histamine secreted by RPMC was evaluated.

Injection of PGP 15 min before injection of compound 48/80 led to decrease of mortality, and some of anaphylactoid reaction symptoms reduced. PGP had no effect on compound 48/80-induced histamine secretion from (RPMC) in vitro.

Key words: *anaphylactoid reaction, regulatory peptides, compound 48/80.*

Сведения об авторах

Копылова Галина Николаевна — канд. биол. наук, доц. кафедры физиологии человека и животных биологического факультета МГУ. Тел.: (495)939-46-04; e-mail: Kopylovagn@list.ru

Бондаренко Надежда Сергеевна — аспирантка кафедры физиологии человека и животных биологического факультета МГУ. Тел.: (495)939-14-16; e-mail: n.s.bondarenko@gmail.com

Умарова Белла Анверовна — докт. биол. наук, вед. науч. сотр. кафедры физиологии человека и животных биологического факультета МГУ. Тел.: (495)939-14-16; e-mail: bellaum@mail.ru

Самонина Галина Ефимовна — докт. биол. наук, вед. науч. сотр. кафедры физиологии человека и животных биологического факультета МГУ. Тел.: (495)939-46-04; e-mail: samonina_ge@mail.ru

Гусева Александра Александровна — канд. биол. наук, доц. кафедры физиологии человека и животных биологического факультета МГУ. Тел.: (495)939-46-04; e-mail: agusseva@gmail.com

Платонова Римма Дмитриевна — канд. биол. наук, ст. науч. сотр. кафедры физиологии человека и животных биологического факультета МГУ. Тел.: (495)939-46-04; e-mail: rdplatonova@mail.ru

ГЕНЕТИКА

УДК 575.174.015.3:597.553.2

ВРЕМЕННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ГЕНЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК КУМЖИ *SALMO TRUTTA* L. РУЧЬЯ ВОРОБЬЕВА (БЕЛОЕ МОРЕ) НА ОСНОВАНИИ АНАЛИЗА АЛЛОЗИМОВ**А.В. Семёнова, С.А. Пономарёв**

(кафедра ихтиологии; e-mail: Anna.Semenova@mail.bio.msu.ru)

Проведен анализ аллозимной изменчивости кумжи из ручья Воробьева. Исследовано 17 генных локусов, кодирующих ферменты: глицеро-3-фосфатдегидрогеназу (G3PDH); аспаратаминотрансферазу (AAT); малатдегидрогеназу (MDH); лактатдегидрогеназу (LDH); супероксиддисмутазу (SOD); эстеразу D (EST-D). Выявлены достоверные различия в частотах аллелей локусов *AAT-1,2**, *G3PDH-2,3**, *LDH-5**, *MDH-2** между выборками кумжи, собранной в 1981—1982 и/или 1992—1995 гг. Предполагается, что изменения частот аллелей со временем у кумжи ручья Воробьева связано с дрейфом генов.

Ключевые слова: популяционная биология, популяционная генетика, полиморфизм, структура популяций.

Кумжа (*Salmo trutta* L.) на протяжении многих лет является объектом интенсивных популяционно-генетических исследований. Причинами такого интереса, несомненно, являются огромный естественный ареал кумжи, ее высокая экологическая и морфологическая пластичность. Кроме того, кумжа характеризуется значительной генетической дифференциацией как между популяциями разных морских бассейнов, так и между отдельными популяциями в пределах одного бассейна. Поскольку кумжа — перспективный объект искусственного разведения и рыболовства, естественный генофонд ее претерпевает значительные изменения в связи с деятельностью человека. Вместе с тем бассейн Белого моря — один из немногих районов ареала этого вида, где обитают нативные популяции, они могут быть прекрасным объектом при проведении генетического мониторинга популяций кумжи. Исследования генетической изменчивости популяций кумжи в течение длительного времени представляют значительный интерес, поскольку помимо данных о постоянстве частот аллелей белковых локусов в естественных популяциях кумжи [1] имеются сведения и о различиях в частотах аллелей между выборками, взятыми из одного водоема в разные годы, в том числе и в водоемах бассейна Белого моря [2—4].

Материал и методика

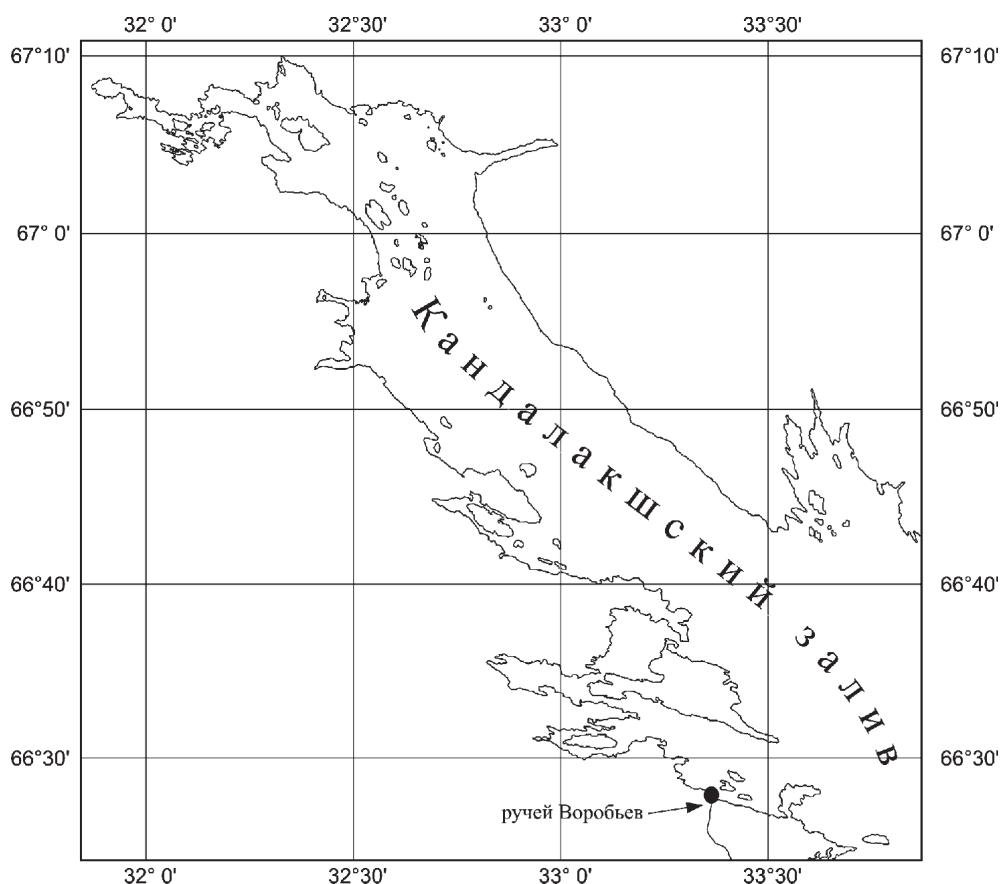
Материалом для исследований послужили выборки кумжи из ручья Воробьева — небольшого ручья протяженностью около 5 км, расположенного на Карельском берегу Белого моря, собранные в

июне 2006 и 2007 гг. (41 и 39 экз.) (рисунок). Рыба отлавливалась электроловом и удочными снастями. У всех пойманных экземпляров определялась длина тела (АС), вес, пол, стадия зрелости гонад, бралась чешуя для определения возраста. Изученные рыбы представлены в основном молодью. После поимки отдельные ткани (глаз, мышцы, печень) или особи целиком замораживались (–70°) и в таком виде доставлялись в лабораторию, где хранились до обработки при 20°. Электрофоретические исследования белков проводили в полиакриламидном геле, используя стандартные методики [5, 6]. Обозначение ферментных локусов проводили в соответствии с принятой для лососевых рыб номенклатурой [7] с учетом некоторых рекомендаций [8].

Исследовали генные локусы, кодирующие ферменты: аспаратаминотрансферазу (AAT), эстеразу D (ESTD), глицерол-3-фосфатдегидрогеназу (G3PDH), лактатдегидрогеназу (LDH), малатдегидрогеназу (MDH), супероксиддисмутазу (SOD).

Генетическая интерпретация наблюдаемой изменчивости в исследованных локусах проводилась в соответствии с описанными в литературных источниках схемами. Для локусов *EST-D**, *LDH-5**, *mSOD-1**, *sSOD-2**, *sSOD-3** предполагается простое кодоминантное наследование. Для изолюков *AAT-1,2** использовалась модель, предполагающая равенство частот общих для обоих локусов аллелей. Расчеты велись по [9]. Для дуплицированных локусов *MDH-1,2**, *LDH-1,2**, *G3PDH-2,3** принята модель наследования, которая предполагает полиморфизм только одного локуса [10, 11].

Проверку соответствия наблюдаемого и теоретического распределений генотипов Харди—Вайн-



Место сбора выборок кумжи

берга проводили с использованием χ^2 теста. Достоверность различий частот аллелей между выборками оценивали с помощью F -критерия Фишера [12] и χ^2 теста на гомогенность в программе CHIRXC [13].

Исследования белкового полиморфизма кумжи в данном ручье проводились ранее в 1980-х и 1990-х гг. [2, 11], в связи с этим изучение кумжи ручья Воробьева в настоящее время представляет несомненный интерес и позволяет оценить временные изменения структуры популяции кумжи в течение более чем 20 лет. Некоторые данные анализа выборки из ручья Воробьева 2006 г. были опубликованы ранее [14].

Результаты и обсуждение

Мономорфными в исследуемых выборках оказались следующие локусы: *EST-D**, *LDH-1,2**, *LDH-3,4**, *MDH-1**, *MDH-3,4**, *TO-1**, *TO-2**, *TO-3**. Во всех полиморфных локусах наряду с аллелем, электрофоретическая подвижность которого принималась за 100, обнаружено еще по одному аллелю: *AAT-1,2*120*, *G3PDH-2,3*75*, *LDH-5*90*, *MDH-2*142*. Нами отмечена несколько отличная электрофоретическая подвижность некоторых аллелей по сравнению с работами А.Г. Осина, Л. Берначе [11] и А.А. Махрова с сотр. [2]. Кроме того, в работе Осина и Берначе [11] обнаружено, что

в популяциях кумжи ручья Воробьева с небольшой частотой присутствует аллель *LDH-1*0Q*, в то время как, по нашим данным и по данным Махрова с сотр. [2], у кумжи этого ручья фиксирован аллель *LDH-1*100*. Возможно, это связано с различиями используемых буферных систем.

Распределение фенотипов по всем локусам в выборках соответствовало теоретическому распределению Харди—Вайнберга, за исключением изолюсов *AAT-1,2** ($\chi^2 = 16,25$, $d.f. = 3$, $p < 0,001$ в выборке 2006 г. и $\chi^2 = 8,66$, $d.f. = 3$, $p < 0,05$ в выборке 2007 г.). Частоты аллелей полиморфных локусов в период 1982—2007 гг. представлены в табл. 1.

Результаты сравнения выборок кумжи, собранных в разные годы с использованием χ^2 теста, показывают достоверность гетерогенности аллельных частот по всем

сравниваемым локусам (табл. 1). Однако более корректное и либеральное сравнение этих выборок попарно с использованием F -критерия Фишера во многих сравнениях не выявляет достоверных различий (табл. 2, 3).

Так, по локусу *LDH-5** достоверных различий между выборками кумжи не обнаружено, по локу-

Таблица 1

Частоты аллелей (*100) полиморфных локусов в выборках ручья Воробьева, собранных в разные годы

Год сбора	n	Локусы			
		<i>AAT-1,2*</i>	<i>G3PDH-2,3*</i>	<i>LDH-5*</i>	<i>MDH-2*</i>
1981	60	—	0,908	0,328	0,857
1982	30	0,880	0,883	0,367	0,850
1992	99	0,879	0,995	0,237	—
1993	53	0,774	1,000	0,217	—
1994	99	0,673*	1,000	0,203	0,798*
1995	11	0,727	0,909	0,455	—
2006	41	0,780	0,988	0,351	0,611
2007	39	0,859	0,987	0,270	0,855
<i>d.f.</i>		6	7	7	4
χ^2		17,55	54,98	18,70	23,49
<i>p</i>		< 0,01	< 0,001	< 0,05	< 0,001

Примечание. Данные 1981 и 1982 гг. [11], 1992—1995 гг. [2], * — $n = 25$.

Таблица 2

Попарное сравнение выборок по критерию Фишера
по локусам *AAT-1,2** (под диагональю)
и *G3PDH-2,3** (над диагональю)

Годы	Годы							
	1981	1982	1992	1993	1994	1995	2006	2007
1981	—	—	**	**	***	—	—	—
1982	н.д.	—	**	**	***	—	*	—
1992	н.д.	—	—	—	—	—	—	—
1993	н.д.	—	—	—	—	—	—	—
1994	н.д.	—	*	—	—	—	—	—
1995	н.д.	—	—	—	—	—	—	—
2006	н.д.	—	—	—	—	—	—	—
2007	н.д.	—	—	—	—	—	—	—

Примечание. н.д. — нет данных, — — различия недостоверны, * — различия достоверны при $p < 0,05$, ** — при $p < 0,01$, *** — при $p < 0,001$.

Таблица 3

Попарное сравнение выборок по критерию Фишера
по локусам *LDH-5** (под диагональю)
и *MDH-2** (над диагональю)

Годы	Годы							
	1981	1982	1992	1993	1994	1995	2006	2007
1981	—	—	н.д.	н.д.	—	н.д.	**	—
1982	—	—	н.д.	н.д.	—	н.д.	*	—
1992	—	—	—	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.
1993	—	—	—	—	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.
1994	—	—	—	—	—	н.д.	—	—
1995	—	—	—	—	—	—	н.д.	н.д.
2006	—	—	—	—	—	—	—	*
2007	—	—	—	—	—	—	—	—

Примечание. н.д. — нет данных, — — различия недостоверны, * — различия достоверны при $p < 0,05$, ** — при $p < 0,01$.

су *AAT-1,2** различия достоверны только между выборками 1992 и 1994 гг., по локусу *MDH-2** от остальных отличается только кумжа 2006 г. поимки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ferguson A., Taggart J.B. Genetic differentiation among the sympatric brown trout (*Salmo trutta*) population of Lough Melvin, Ireland // Biol. J. Linnean Soc. 1991. Vol. 43. P. 221—237.
2. Махров А.А., Кузищин К.В., Новиков Г.Г. Генетическая дифференциация кумжи (*Salmo trutta* L.) побережья пролива Великая салма // Генетика. 1999. Т. 35. № 7. С. 969—975.
3. Grozier W.W., Ferguson A. Electrophoretic examination of the population structure of brown trout, *Salmo trutta* L., from the Lough Neagh catchment, Northern Ireland // J. Fish. Biol. 1986. Vol. 28. P. 459—477.
4. Jensen L.F., Hansen M.M., Carlsson J., Loeschcke V., Mensberg K.D. Spatial and temporal genetic differentiation and effective population size of brown trout (*Salmo trutta* L.)

Основные высокодостоверные различия выявлены по локусу *G3PDH-2,3** между выборками 1981—1982 и 1992—1994 гг., т.е. между сбором этих проб прошло около 10 лет. Однако при сравнении данных еще более чем через 10 лет (с кумжей 2006—2007 гг.) достоверных различий ни с пробами 80-х, ни 90-х гг. не выявлено.

Таким образом, несмотря на изменения частот аллелей полиморфных локусов в отдельных случаях, в целом генетические параметры кумжи не претерпели значительных изменений в течение более 20 лет. Это позволяет предполагать отсутствие направленных изменений частот аллелей у кумжи ручья Воробьева со временем и не подтверждает точки зрения некоторых исследователей о существовании естественного отбора по некоторым локусам у кумжи данного ручья [2]. Необходимо отметить, что авторы предполагали существование естественного отбора по 2 локусам — *LDH-5** и *MPI**, последний из которых нами не исследовался. Наиболее вероятным кажется мнение о том, что изменения частот аллелей в популяциях кумжи — это проявление дрейфа генов [15]. При малой численности производителей, характерной для кумжи небольшого ручья Воробьева, высоко значимые различия в частотах аллелей между их потомками могут наблюдаться даже в отсутствие репродуктивной изоляции [16]. Кроме того, возможно, определенную роль в изменении частот аллелей играет миграция особей из других рек. Так, по локусу *G3PDH-2,3** в 1993—1994 гг. наблюдалась фиксация аллеля *100, а начиная с 1995 г. в выборках снова встречаются носители альтернативного аллеля.

Таким образом, наши данные, полученные спустя десятилетие после исследований в этом ручье, показывают отсутствие значимых изменений частот аллелей полиморфных локусов и подтверждают мнение авторов о том, что изменение частот аллелей со временем главным образом связано с дрейфом генов.

Авторы благодарны А.М. Шадрину за помощь в сборе и обработке материала.

in small Danish rivers // Conserv. Genet. 2005. Vol. 6. N 4. P. 615—621.

5. Davis B.J. Disc-electrophoresis. Method and application to human serum proteins // Ann. N.-Y. Acad. Sci. 1964. Vol. 121. P. 404—427.

6. Peacock A.C., Bunting S.L., Quenn K.G. Serum protein electrophoresis in acrilamide gel: patterns from normal human subject // Science. 1965. Vol. 147. P. 1451—1452.

7. Allendorf F.W., Phelps S.R. Use of allelic frequencies to describe population structure // Can. J. Fish. Aquat. Sci. 1981. Vol. 38. P. 1507—1514.

8. Shaklee J.B., Allendorf F.W., Morizot D.C., Whitt G.S. Gene nomenclature for protein-coding loci in fish // Trans. Amer. Fish. Soc. 1990. Vol. 119. P. 2—15.

9. *Waples R.S.* Estimation of allele frequencies at iso-loci // *Genetics*. 1988. Vol. 118. N 2. P. 371—384.
10. *Осинов А.Г.* Кумжа (*Salmo trutta* L., Salmonidae) бассейнов Черного и Каспийского морей: популяционно-генетический анализ // *Генетика*. 1988. Т. 24. № 12. С. 2172—2186.
11. *Осинов А.Г., Берначе Л.* “Атлантическая” и “дунайская” филогенетические группы кумжи *Salmo trutta* complex: генетическая дивергенция, эволюция, охрана // *Вопр. ихтиологии*. 1996. Т. 36. № 6. С. 762—786.
12. *Животовский Л.А.* Популяционная биометрия. М.: Наука, 1991. 283 с.
13. *Zaykin D.V., Pudovkin A.I.* Two programs of estimate Chi-square values using pseudo-probability test // *J. Hered.* 1993. Vol. 84. P. 152.
14. *Новиков Г.Г., Семенова А.В., Строганов А.Н., Тагизаде В.* Аллозимная изменчивость в популяциях кумжи *Salmo trutta* из Ирана // *Вопр. ихтиологии*. 2008. Т. 48. № 4. С. 421—426.
15. *Jorde P.E., Ryman N.* Demographic genetic of brown trout (*Salmo trutta*) and estimation of effective population size from temporal change of allele frequencies // *Genetics*, 1996. Vol. 143. N 3. P. 1369—1381.
16. *Allendorf F.W., Utter F.M.* Population genetics // *Fish Physiol.* 1979. Vol. 8. P. 407—454.

Поступила в редакцию
10.04.2009

**TEMPORAL VARIABILITY THE GENETIC CHARACTERISTICS
IN BROUN TROUT (*SALMO TRUTTA* L.) FROM THE VOROB'EV RIVER
(WHITE SEA) ON ALLOZYME**

A.V. Semenova, S.A. Ponomarev

Analysis of allozyme variability in brown trout from Vorob'ev river was carry out. We studied 17 gene loci coding enzymes: glycerol-3-phosphate dehydrogenase (*G3PDH*); aspartate aminotransferase (*AAT*); malate dehydrogenase (*MDH*); lactate dehydrogenase (*LDH*); superoxide dismutase (*SOD*); esterase D (*EST-D*). Significant differences between the sampes of brown trout catching in 1981—1982 and/or 1992—1995 were determined by loci: *AAT-1,2**, *G3PDH-2,3**, *LDH-5**, *MDH-2**. We should suppose that allele frequency changing by the time in brown trout from Vorob'ev river were bound up with genetic drift.

Key words: *population biology, population genetics, polymorphism, structure of population.*

Сведения об авторах

Семенова Анна Викторовна — канд. биол. наук, ст. науч. сотр. кафедры ихтиологии биологического факультета МГУ. Тел.: (495)939-13-33, 8-916-503-06-44; e-mail: Anna.Semenova@mail.bio.msu.ru

Пономарев Сергей Анатольевич — канд. биол. наук, науч. сотр. кафедры ихтиологии биологического факультета МГУ. Тел.: (495)939-13-33; e-mail: sergio-mail@mail.ru

МИКОЛОГИЯ И АЛЬГОЛОГИЯ

УДК 621.371

**ПРОЯВЛЕНИЕ СОЛЕТОЛЕРАНТНОСТИ
ЦИАНОБАКТЕРИЙ РОДА *ARTHROSPIRA* (*SPIRULINA*) —
SPIRULINA PLATENSIS И *SPIRULINA MAXIMA*****А.Х. Тамбиев, С.Г. Васильева, А.А. Лукьянов**(кафедра биоинженерии; e-mail: tambiev@mail.ru)

Изучена солетолерантность у двух представителей рода *Spirulina* (*Arthrospira*) *Spirulina platensis* и *Spirulina maxima*, являющихся распространенными объектами фотобиотехнологии, и было показано, что добавление в среду морской воды с содержанием 5—15% не вызывает уменьшения выхода биомассы культур более чем на 15—20% от контроля. Дальнейшее уменьшение выхода биомассы происходило пропорционально увеличению содержания морской воды в среде. Исследование реакционной способности (РС) нативных экзометаболитов, выделяемых в среду, как критерия физиологического состояния культур показало зависимость уровня окислительной активности (ОА) экзометаболитов от присутствия в среде морской воды, а часовая ритмика изменения ОА проявила различия между исследованными культурами.

Ключевые слова: цианобактерии, нативные экзометаболиты, реакционная способность, часовая ритмика, химическая модель.

Представители цианобактерий рода *Arthrospira* (*Spirulina*), такие как *Spirulina platensis*, *Spirulina maxima*, *Spirulina pasifica*, *Spirulina fusiformis*, широко используются в фотобиотехнологии как источники белка, незаменимых аминокислот, витаминов, в первую очередь группы В, β-каротина, различных элементов, и других полезных соединений.

Культивирование осуществляется в целом ряде стран (Израиль, США, Индия, Япония, Тайвань, Италия, Германия, Таиланд, Франция, Египет и др.), его ведут способами открытого культивирования в искусственных водоемах или в высокотехнологичных открытых фотобиореакторах с использованием солнечного освещения, а также закрытых фотобиореакторах с искусственным освещением и поддержанием необходимой температуры.

Хорошо известен химический состав биомассы представителей рода спирулина, преимущества культивирования состоят в простоте сбора биомассы и ее высушивания, хорошей извлекаемости содержимого клеток и высокой биологической ценности [1—6].

В клетках *S. maxima* и *S. platensis* содержание белка в зависимости от места обитания колеблется от 55 до 70% от массы сухих клеток, белок спирулины сбалансирован по всем незаменимым аминокислотам, количество липидов доходит до 12%, в их составе преобладают ненасыщенные жирные кислоты, присутствует редкая гамма-линоленовая кислота, в клетках содержится значительное количество витаминов группы В [6]. По содержанию β-каротина *Spirulina* значительно превосходит любые про-

дукты питания. В достаточных количествах в ней содержатся такие элементы, как калий, железо, магний, фосфор, кальций, а также многие эссенциальные микроэлементы, при этом минеральные вещества представлены в основном хелатными соединениями, что способствует их хорошей усвояемости организмом человека [6, 7].

В хорошо подобранных условиях выход биомассы представителей рода *Spirulina* может быть чрезвычайно высок. Дальнейшее повышение рентабельности выращивания цианобактерий рода спирулина может идти за счет удешевления сред и совершенствования приемов культивирования, а увеличение солетолерантности цианобактерий дает возможность, применяя среды различной солености, проводить их оптимизацию, что будет снижать себестоимость биомассы.

Имеется литература, посвященная солетолерантности цианобактерий. В работе с использованием морской воды в качестве ростовой среды с добавками нитрата или мочевины для массового культивирования *S. maxima* в аридных и пустынных областях южной Италии были показаны незначительные различия в выходе биомассы для этой среды по сравнению с синтетической [8]. В прибрежной зоне Чили в прудах было организовано проточное культивирование *S. maxima* на среде, включающей 30% морской воды, бикарбонат натрия, фосфат аммония и селитру, и для достижения выхода биомассы, равного 30 т/га/год, был важен режим перемешивания среды [9].

В работе [10] было показано, что солетолерантность *S. platensis* может быть увеличена в условиях уменьшенного содержания NaHCO_3 в среде, а полученный мутант *S. platensis* — суперпродуцент пролина — был более толерантным к гиперсоленому стрессу, чем исходный штамм [11]. Было показано, что при росте *S. platensis* на средах с низким и высоким содержанием морской соли основным низкомолекулярным углеводом, накапливающимся в клетках, является глюкозилглицерин, концентрация которого менялась с увеличением солёности до максимальной — 243,3 ммоль/кг сух. веса [11]. Для морской цианобактерии *Microcoleus chthonoplastes* при выращивании на средах в интервале солёности от 2 до 23‰ было показано накопление в клетках глюкозилглицерина как единственного осмолита, и при максимальной солёности его содержание в клетках достигало 40% от веса сухой биомассы [12]. При изучении роста морской цианобактерии *S. subsalsa* на средах с морской водой было показано, что на гиперсоленых средах в клетках в три раза повышалось содержание глицинбетаина по сравнению с клетками, выращенными на среде с низким содержанием солей [13].

При использовании в составе сред для *S. platensis* черноморской воды в различных концентрациях от 5 до 40‰ отмечались морфологические изменения — менялись длина нитей, число спиралей, их внешний диаметр, а также наблюдался ряд цитологических изменений [14]. В одной из работ авторы предполагали, что растворимые органические вещества, накапливаемые в ответ на солевой стресс, могут служить главной биохимической характеристикой, отличающей морские и пресноводные формы рода *Spirulina* [15].

Объекты и методы исследования

Опыты проводили с альгологически чистыми культурами цианобактерий рода *Spirulina* (*Arthrospira*) *Spirulina platensis* и *Spirulina maxima*.

Культивирование проводили на модифицированной среде Зарука [16] в стационарных условиях в люминостате при температуре 30–32° и освещённости 1000–1500 лк. Среду автоклавируют при 1 атм, pH после автоклавирования 9,5–9,6.

Среды различной солёности готовили путем добавления к среде Зарука морской воды, которую приготавливали путем растворения 32 г сухой морской соли (полученной из черноморской воды) в 1 л дистиллированной воды с дальнейшим фильтрованием через бумажный фильтр.

Биомассу *Spirulina* определяли нефелометрически, а также весовым методом. Клетки цианобактерий отделяли от культуральной жидкости центрифугированием при 6000 об/мин в течение 30 мин, осадок промывали подкисленной дистиллированной водой и помещали в бюкс.

Нативные экзометаболиты, выделяемые в культуральную среду при нормальной жизнедеятельности клеток, в состав которых могут входить различные ценные и полезные соединения, могут трансформироваться в среде и осуществлять в ней ряд функций, а также являться регуляторами устойчивости водных и наземных биоценозов [17]. Изменения их свойств, количественного и качественного состава связаны с ростом и физиологическим состоянием культур различных таксонов микроорганизмов [18].

Нами был предложен сравнительно несложный экспрессный метод химических моделей для определения интегральных свойств нативных экзометаболитов, с помощью которого возможно быстро определить физиологическое состояние продуцирующих их объектов по реакционной способности (РС) культуральной среды как соотношению окислительной (ОА) и антиокислительной (АОА) активностей выделяемых в среду нативных экзометаболитов с использованием в качестве индикатора 3,4-диоксифенилаланина (ДОФА) [18]. Культуральную жидкость *S. platensis* и *S. maxima*, содержащую нативные экзометаболиты в количестве 2,5 мл, смешивали с 1,5 мл раствора ДОФА (конечная концентрация в пробе $7,1 \cdot 10^{-4}$ М), затем измерения РС проводили на оригинальном приборе “Аквакон” при 45°. Контролем служила питательная среда без засева цианобактерий, значения контроля откладывались на графиках по оси абсцисс (100%). Реакционную способность (РС) определяли в процессе роста культур либо в зависимости от времени суток при определении часовой ритмики.

Контролем в опытах служило автоокисление химической модели (ДОФА), проходящее через ряд радикальных состояний [19] с изменением оптической плотности и появлением меланина. Ускорение автоокисления ДОФА и превышение контроля свидетельствует об окислительной активности выделяемых в среду нативных экзометаболитов, а при торможении автоокисления ДОФА наблюдается их антиокислительная активность [18].

Результаты и обсуждение

Сравнивался рост культур *S. maxima* и *S. platensis* на полной среде Зарука (контроль) и было показано, что биомасса *S. maxima* в те же сроки роста несколько превышала биомассу *S. platensis*, т.е. первая культура была более продуктивна.

Также сравнивался рост культур на полной (контроль) и разбавленной вдвое среде Зарука. В этом случае биомасса *S. maxima* заметно, на 25–30%, была меньше на разбавленной среде к началу стационарной фазы, при этом разница росла с увеличением времени культивирования. Культура *S. platensis* в отличие от *S. maxima* отставала по скорости роста на разбавленной среде значительно меньше, что составляло 15–25% на 30-й день культивирования.

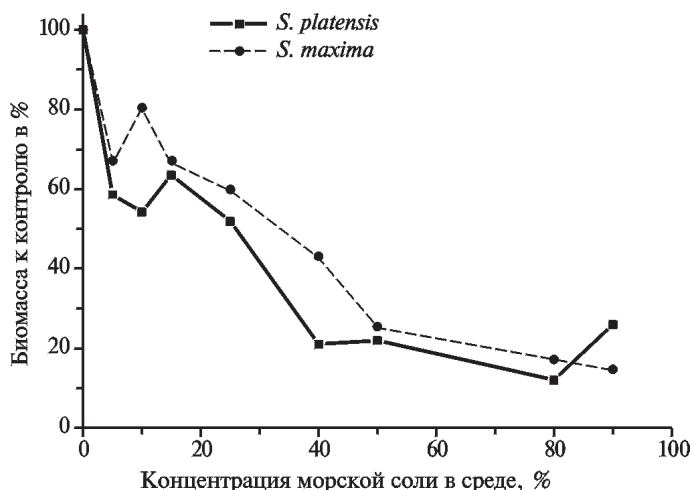


Рис. 1. Выход биомассы *S. maxima* и *S. platensis* (возраст — 30 сут) в зависимости от концентрации морской соли в среде

ния, и в этом случае разница между контрольной и опытной культурами уменьшалась. Эти данные, по нашему мнению, в перспективе можно учитывать при массовом культивировании этих объектов фотобиотехнологии.

Далее оба исследованных вида цианобактерий культивировались на полной среде Зарука и с добавлением искусственной морской воды в концентрациях от 5 до 90% по объему. В культуре *S. maxima* наиболее близкие к контролю количества биомассы были получены на средах с содержанием морской воды от 5 до 15% (рис. 1). Видно, что к 30-м сут роста полученная сухая биомасса составляла примерно 80% от контроля. Далее с увеличением содержания морской воды в среде рост культуры *S. maxima* замедлялся и конечная сухая биомасса уменьшалась примерно до 15% от контроля.

В опытах с культурой *S. platensis* была выявлена такая же зависимость, за исключением того, что отставание в выходе биомассы было несколько больше, чем у культуры *S. maxima* (рис. 1), при этом нами не было получено, как это указывалось в работе [14], активизации роста культуры *S. platensis* на среде с содержанием морской воды 40–60%. Значения pH для всех вариантов опыта у обеих культур снижались с увеличением концентрации морской воды в среде, что коррелировало с уменьшением выхода биомассы.

В работе [20] изучалось влияние солёности среды на рост и биохимический состав *S. platensis*. В среду вводился хлорид натрия в концентрациях 10–70 г/л и было показано, что концентрацию хлорида в 20–30 г/л можно считать границей для оптимального роста, после которого начинается его интенсивное угнетение. Это несколько отличается от наших данных по *S. platensis*, что можно объяснить отличиями в условиях опыта. У нас в среду добавлялся не хлорид натрия, а морская вода, приготовленная из сухой морской соли, полученной из черноморской воды, в цитируемой работе применялась значи-

тельная освещенность и барботаж колб с культурами. В работе [21] исследовалось влияние повышенных концентраций хлорида натрия на некоторые биохимические показатели в культуре *S. platensis*.

Исследуемые культуры цианобактерий по-разному реагировали на увеличение концентрации морской воды в среде: у *S. maxima* длина нитей трихома увеличивалась, а у *S. platensis* уменьшалась.

Изменения реакционной способности (РС) нативных экзометаболитов, выделяемых в среду, показали у обеих культур на полной среде Зарука и среде с 15% содержания морской воды, что им свойственна окислительная активность (ОА), которая на полной среде в 1,5–2 раза выше, чем в присутствии морской воды, что согласно ряду работ, свидетельствует о том, что, ухудшение условий культивирования вызывает уменьшение ОА нативных экзометаболитов [18].

Исследовалась часовая ритмика изменения РС нативных экзометаболитов указанных культур цианобактерий на среде Зарука с 15%-м содержанием морской воды. Возраст культур составлял 13 сут (логарифмическая фаза), измерения проводились с 9 до 19 часов через каждые 2 часа. Данные представлены на рис. 2 и 3. Видно, что ОА нативных экзометаболитов *S. maxima* на полной среде Зарука была выше, как уже говорилось, в 9 часов, после чего до 11 часов наблюдали незначительное понижение ОА, затем следовал подъем ОА с 13 до 15 часов, после чего в следующие 2 часа ОА уменьшалась почти вдвое с незначительным повышением к 19 часам (рис. 2).

На среде с содержанием морской воды у культуры *S. maxima* наблюдалась сходная закономерность, отличие состояло в том, что первое понижение ОА растянулось до 13 часов, затем следовал подъем, как и в случае полной среды, но менее выраженный, после чего следовало такое же понижение к 17 часам, которое сохранялось до 19 часов (рис. 2).

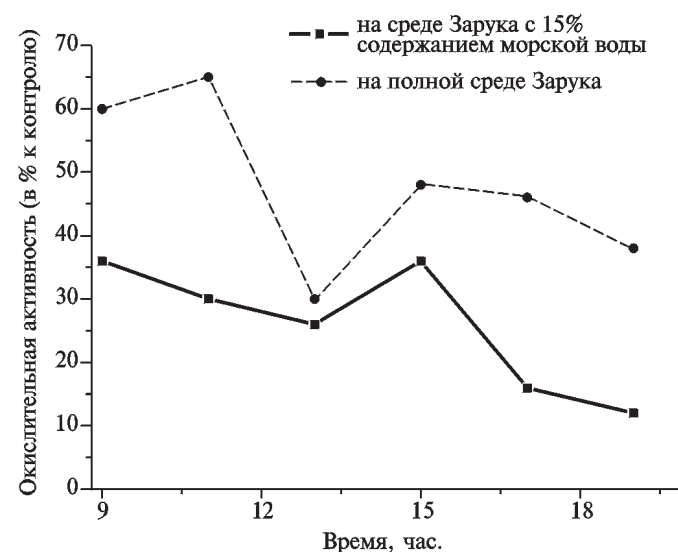


Рис. 2. Часовая ритмика РС нативных экзометаболитов *S. maxima* на полной среде Зарука и с содержанием 15% морской воды

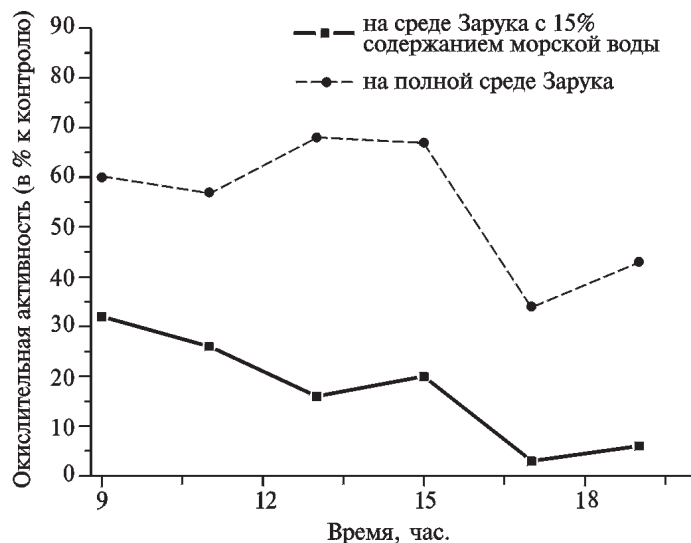


Рис. 3. Часовая ритмика РС нативных экзометаболитов *S. platensis* на полной среде Зарука и с содержанием 15% морской воды

В случае культуры *S. platensis* на полной среде значения ОА в 9 часов утра были такими же, как у *S. maxima*, но далее часовая кривая *S. platensis*, в отличие от таковой у *S. maxima*, имела не один, а два подъема (рис. 3). Первый наблюдался в 13 часов, затем наблюдалось понижение ОА почти в два раза и последующий подъем к 19 часам. Кривая ОА у *S. platensis* на среде с морской водой была сходна с таковой у *S. maxima* и имела повышение также в 15 часов, после чего ОА снижалась к 19 часам (рис. 3).

Таким образом, при росте на полной среде Зарука обе культуры имеют разную часовую ритмику РС нативных экзометаболитов, что, по нашему мне-

нию, представляет собой один из видоспецифичных признаков этих сравнительно трудноразличимых культур. Ухудшение условий культивирования на среде с добавлением морской воды, возможно, нивелирует эти различия и кривые становятся сходными.

Часовые ритмы РС нативных экзометаболитов были описаны нами ранее у зеленой морской микроводоросли *Platymonas viridis* Rouch. [22–24]. По сравнению с ней наблюдаемый подъем ОА у *S. maxima* и второй подъем у *S. platensis* в дневные часы, определяемые возрастом фотосинтетической активности культур, имеют более растянутый характер с последующим понижением.

В итоге приведенные данные показали возможность культивирования цианобактерий *S. maxima* и *S. platensis* на разбавленных средах и средах с различной концентрацией морской воды (от 5 до 90%). Наименьшие отличия по биомассе от контроля на 30-е сут роста наблюдались на средах с концентрацией морской воды от 5 до 15%, начиная с которой снижение выхода биомассы обеих культур линейно зависит от повышения концентрации в среде морской воды.

Исследованные культуры различаются при росте на полной среде, по величине РС, а именно, по величине ОА нативных экзометаболитов, а также по часовым ритмам — форме и наличию дневных максимумов, что является, видимо, таксономическим различием между ними. Культивирование на среде с 15% морской воды уменьшает величину ОА в два раза по сравнению с культивированием на полной среде, что связано с изменениями физиологического состояния культур.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ciferri O. Spirulina, the edible microorganism // Microbiol. Rev. 1983. Vol. 12. P. 551–578.
2. Ciferri O., Tiboni O. The biochemistry and industrial potential of Spirulina // Ann. Rev. Microbiol. 1988. Vol. 39. P. 503–526.
3. Dragos N., Hodisan V., Peterfi L. Spirulina, Caracterizarea biologica, obtinerea sivaloria ficarea biomasei // Contributii botanice. 1987. P. 235–257.
4. Bai N.Y. Mass culture of Spirulina and its morphological variability leading to reflections on species concept in Cyanophyta // Arch. Hydrobiol. Suppl. 1985. Vol. 71. N 1–2. P. 219.
5. Vonshak A. Strain selection of Spirulina suitable for mass production // Hydrobiology. 1987. N 151–152. P. 75–77.
6. Тамбиев А.Х., Курикова Н.Н., Мазо В.К. Цианобактерии рода Spirulina как перспективный объект фотобиотехнологии // Технологии живых систем. 2006. Т. 3. № 2.
7. Henrikson R. Earth Food Spirulina. Keenwood: Ronore Enterprises, 1997.
8. Tredici M.R., Papusso T., Tomasello V., Milicia F., Balloni W. La coltura di Spirulina su acqua di mare // Bio-

tecnologie per la produzione di Spirulina. Rome: CNR-IPRA-ROMA, 1987. P. 73–89.

9. Valderrama G., Gardenas A., Marcovits A. On the economics of Spirulina production in Chile with details on dragboard mixing in shallow ponds // Hydrobiology. 1987. N 151–152. P. 71–74.

10. Rippka R., Deruelles J., Waterbury J.B., Stainer R.I., Herdmann M.A. Generic assignments, strain histories and properties of pure cultures of cyanobacteria // J. Gen. Microbiol. 1979. Vol. 111. P. 1–61.

11. Reed R.H., Warr S.R.C., Richardson D.L., Moore D.J., Stewart W.D.P. Blue-green alga prospects and perspectives // Plant and Soil. 1985. Vol. 89. P. 97–106.

12. Кевбрин В.В., Дубинин А.В., Осипов Т.А. Осморегуляция у морской цианобактерии *Microcoleus chthonoplastes* // Микробиология. 1991. Т. 60. № 4. С. 596–600.

13. Gabbay R., Teller E. Cyanobacterial biomass production in saline media // Plant and Soil. 1985. Vol. 89. P. 107–116.

14. Popovici J.H., Boldor O., Toma T., Wicola W., Titu H. Sea water used for the culture of a alga *Spirulina platensis* // Rev. roum. biol. Ser. biol. veg. 1986. Vol. 31. N 2. P. 131–136.

15. Reed R.H., Richardson D.L., Warr I.K., Stewart W.D.B. Carbohydrate accumulation and osmotic stress in cyanobacteria // J. of General Microbiology. 1984. Vol. 130. N 1. P. 1—4.
16. Михайлов А.А., Верзилин Н.Н., Пиневич В.В., Ша-ренкова Х. Влияние температурных и световых условий культивирования на продуктивность *Spirulina platensis* // Науч. докл. высшей школы. Биологические науки. 1972. № 2. С. 57—63.
17. Вахитов Т.Я., Петров Л.Н. Регуляторные функции экзометаболитов бактерий // Микробиология. 2006. Т. 75. № 4. С. 483—488.
18. Тамбиев А.Х. Реакционная способность экзометаболитов растений. М., 1984. 72 с.
19. Верц К., Рейц Д., Дравникс Ф. Исследование методом ЭПР автоокисления 3,4-диоксифенилаланина // Свободные радикалы в биологических системах. М.: ИЛ., 1963. С. 223—226.
20. Зотина Т.А., Болсуновский А.Я., Калачева Г.С. Влияние солености среды на рост и биохимический состав цианобактерии *Spirulina platensis* // Биотехнология. 2000. № 1. С. 85—88.
21. Ben Dhiab R., Ben Ouada H. Growth, fluorescence, photosynthetic O₂ production and pigment content of salt adapted cultures of *Arthrospira (Spirulina) platensis* // Journal of Applied Phycology. 2007. Vol. 19. P. 293—301.
22. Тамбиев А.Х., Лапшин О.М. Временные ритмы изменений реакционной способности среды морских водорослей // Применение научных разработок ученых-биологов в рыбном хозяйстве. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1987. С. 131—136.
23. Tambiev A.H., Lapshin O.M. Rhythms of excretion of organic substances by microalgae // Abstr. 8th Inter. Biotechnol. Sympos. 1988. Paris. P. 128.
24. Тамбиев А.Х., Кирикова Н.Н., Бецкий О.В., Гуляев Ю.В. Миллиметровые волны и фотосинтезирующие организмы. М.: Радиотехника, 2003. 175 с.

Поступила в редакцию
12.05.11

THE MANIFESTATION OF SALT TOLERANCE FOR CYANOBACTERIA OF *ARTHROSPIRA (SPIRULINA)* GENUS — *SPIRULINA PLATENSIS* AND *SPIRULINA MAXIMA*

A.Kh. Tambiev, S.G. Vasilieva, A.A. Lukyanov

The salt tolerance of two representatives of genus *Spirulina (Arthrospira)* *Spirulina platensis* and *Spirulina maxima* has been investigated. They both are the widespread objects of photobio-technology and it has been shown that the content of 5—15% sea-water in medium has not caused the decreasing of biomass more than by 15—20% as compared with control. The further decreasing of biomass was proportionate to sea-water content in medium. The investigation of reactivity of native (intravital) exometabolites secreted into cultural medium has showed that the sea-water content influenced the oxidative reactivity of exometabolites. The hour's rhythmicity of oxidative reactivity alteration has showed the distinguishes between examined cultures.

Key words: cyanobacteria, native exometabolites, reactivity, hour's rhythmicity, chemical model.

Сведения об авторах

Тамбиев Александр Хапачевич — докт. биол. наук, проф., гл. науч. сотр. кафедры биоинженерии биологического факультета МГУ. Тел.: (495)939-25-87; e-mail: tambiev@mail.ru

Лукьянов Александр Андреевич — канд. биол. наук, науч. сотр. кафедры биоинженерии биологического факультета МГУ. Тел.: (495)939-25-87; e-mail: loockart@mail.ru

Васильева Светлана Геннадьевна — аспирантка кафедры биоинженерии биологического факультета МГУ. Тел.: (495)939-25-87; e-mail: vankat2009@mail.ru

УДК 595.762:502.055:57.084.2

МОНИТОРИНГ МИЦЕТОБИОНТНЫХ ЖЕСТКОКРЫЛЫХ НАСЕКОМЫХ С ПОМОЩЬЮ ЛОВУШКИ КАЙЛА

О.С. Кочетова, В.Б. Семёнов¹, В.А. Зотов, Д.С. Щигель²

(кафедра энтомологии; e-mail: melandrium@gmail.com)

В нашей работе мы исследовали метод изучения мицетобионтных насекомых с помощью модифицированных оконных ловушек Кайла. Были разработаны критерии, позволяющие выявить характер связи насекомого с грибом. Проанализирована связь представителей семейства коротконадкрылых жесткокрылых (Staphylinidae) с трутовым грибом. Была выяснена пригодность ловушек Кайла для изучения мицетобионтных жесткокрылых, оценена избирательность ловушек, даны рекомендации по их использованию.

Ключевые слова: мониторинг, мицетобионтные насекомые, трутовые грибы, экология, Staphylinidae.

Одним из важных компонентов лесных биоценозов являются жесткокрылые-мицетобионты. Особую роль среди них играют стафилиниды, связанные с трутовыми грибами. Они способствуют расселению и деструкции грибов. Кроме того, они могут служить индикаторами биоразнообразия лесных экосистем, подверженных антропогенному воздействию [1].

Существуют разные методы исследования мицетобионтных насекомых. Один из них — выведение насекомых из плодовых тел трутовых грибов. Этот метод учитывает только тех насекомых, чье развитие происходит в плодовом теле гриба. Однако он не позволяет учитывать насекомых, связанных с грибом трофически или топически, и чье развитие не проходит в грибе. Другой метод — сбор плодовых тел трутовых грибов с последующим извлечением из них насекомых. Недостатком метода является уничтожение плодовых тел трутовых грибов, что не позволяет проводить длительные исследования динамики численности популяции насекомых. Для длительного мониторинга мицетобионтных жесткокрылых используются оконные ловушки [2—4]. Модификацией таких ловушек является ловушка Кайла [5], которая позволяет проводить многолетние исследования на одних и тех же экземплярах трутовых грибов [6]. Однако эти ловушки еще не нашли широкого применения в энтомологических исследованиях. Поэтому целью нашей работы являлось изучение пригодности ловушки Кайла для мониторинга жесткокрылых мицетобионтов.

В качестве модельного объекта мы использовали плоский трутовик *Ganoderma applanatum* (Pers.) Pat. (*G. lipsiense* (Batsch) G.F. Atk.). Это многолетний широко распространенный гриб. В качестве модель-

ной группы мицетобионтных жесткокрылых было выбрано сем. Staphylinidae. Ранее было известно, что в России с *G. applanatum* связано 18 видов стафилинид [7—9].

Материалы и методы

Исследования проводили в 2005—2007 гг. в дендрарии Ботанического сада МГУ им. М.В. Ломоносова в Москве и в елово-широколиственном лесу в окрестностях Звенигородской биологической станции МГУ.

В каждом районе исследования использовали по 5 ловушек Кайла. Каждая ловушка представляла собой пронизываемый для ультрафиолетовых лучей лист прозрачного пластика (1,5 × 200 × 300 мм), который вертикально закрепляли на плодовом теле гриба. Под листом пластика была расположена полиэтиленовая воронка, имеющая верхнюю и нижнюю манжеты. Сквозь манжеты воронки была продета 3-миллиметровая железная проволока. К нижней манжете крепилась пластиковая банка с закручивающейся крышкой с отверстием. Сквозь это отверстие был продет нижний край воронки с кольцом. Отверстия в верхней части банки служили для отведения из банки избытков фиксирующей жидкости (20%-й раствор NaCl). В фиксирующую жидкость добавляли каплю моющего средства (Fairý антибактериальный), что уменьшало поверхностное натяжение воды. Сбор насекомых и замену фиксирующей жидкости проводили один раз каждые две недели с конца апреля по конец октября 2005 и 2006 гг. Для фильтрации использовали флизелиновые фильтры. Сборы насекомых хранили в морозильной камере.

¹ Институт медицинской паразитологии и тропической медицины им. Е.И. Марциновского, г. Москва.

² Faculty of Biological and Environmental Sciences University of Helsinki.

Избирательность ловушки Кайла относительно мицетобионтных стафилинид оценивали в контрольном опыте, в котором две ловушки были помещены в максимально схожие условия: одна на плодном теле плоского трутовика, другая — на стволе дерева без гриба. Ловушки проверяли с двухнедельными интервалами шесть раз в мае, июне и сентябре 2007 г.

Результаты и обсуждения

Всего в 2005—2006 гг. с помощью ловушек Кайла было отловлено 2172 особей стафилинид (148 видов). Доля мицетобионтных видов составила 63 и 58% в 2005 и 2006 гг. соответственно. Остальные виды принадлежали к мицетоксенам (случайные виды). Таким образом, избирательность ловушки Кайла для учета мицетобионтных стафилинид составила 61%. В исследованиях Мюллера [10], в которых сбор трутовых грибов проводили вручную, доля мицетобионтных стафилинид составила 27% от общего числа отловленных стафилинид.

Контрольный опыт показал, что в сборах ловушки, поставленной на плодном теле трутовика, 77% отловленных стафилинид были мицетобионтами, а в сборах ловушки на дереве без трутовиков мицетобионтные стафилиниды отсутствовали.

При сравнении видов, собранных нами, с видами, указанными для гриба *G. applanatum* ранее [7, 8, 11], были найдены общие виды: *Atheta crassicornis*, *A. euryptera*, *A. fungi*, *A. pallidicornis*, *A. paracrassicornis*, *A. pittionii*, *A. sodalis*, *A. subtilis*, *Bolitochara oblique*, *Dinaraea aequata*, *D. linearis*, *Gyrophaena fasciata*, *Lordithon thoracicus*, *Sepedophilus constans*.

Для выявления видов стафилинид, находящихся в топической или трофической связи с *G. applanatum*, были разработаны критерии степени доминирования и постоянства встречаемости. Классы доминирования стафилинид выделяли по шкале Engelmann [12], а постоянство встречаемости стафилинид оценивали по формуле Дажо [13].

Выявлен 21 вид мицетобионтных стафилинид, которые являются доминирующими, а значит, их связь с плоским трутовиком наиболее вероятна (таблица).

Классы доминирования стафилинид, собранных в России и Финляндии в 2005—2006 гг.

Вид	Класс доминирования		
	субдоминант (4—12,4%)	доминант (12,4—39,4%)	супердоминант (39,5—100%)
<i>Atheta crassicornis</i>	+		
<i>Atheta fungi</i>	+		
<i>Atheta picipes</i>	+		
<i>Atheta sodalis</i>	+		

Окончание таблицы

Вид	Класс доминирования		
	субдоминант (4—12,4%)	доминант (12,4—39,4%)	супердоминант (39,5—100%)
<i>Bolitochara obliqua</i>	+		
<i>Dinaraea aequata</i>	+		
<i>Gyrophaena affinis</i>	+	+	
<i>Gyrophaena fasciata</i>	+		
<i>Gyrophaena joyi</i>	+		
<i>Gyrophaena joyioides</i>	+		
<i>Gyrophaena manca</i>	+		
<i>Haploglossa villosula</i>	+	+	
<i>Lordithon lunulatus</i>	+	+	+
<i>Lordithon speciosus</i>	+		
<i>Oxyporus maxillosus</i>	+		
<i>Philonthus tenuicornis</i>	+		
<i>Quedius mesomelinus</i>	+		
<i>Quedius xanthopus</i>	+	+	
<i>Sepedophilus bipustulatus</i>		+	
<i>Sepedophilus littoreus</i>	+		
<i>Sepedophilus testaceus</i>	+		

В нашем исследовании *L. lunulatus* являлся супердоминантом, как и в работе Кайла [5, 14], хотя в последней работе ловушки были установлены на плодовых телах других видов трутовых грибов. Это свидетельствует о том, что *L. lunulatus* является мицетофильным полифагом [15—17].

Мы полагаем, что наиболее вероятна связь стафилинид с грибом в том случае, если вид обнаружен в 50% ловушек и более (постоянно встречающиеся виды). К таким относятся 35 видов: *Atheta crassicornis*, *A. fungi*, *A. sodalis*, *A. subtilis*, *Bolitochara obliqua*, *B. pulchra*, *Dinaraea aequata*, *D. linearis*, *Gabrielius splendidulus*, *Gyrophaena affinis*, *G. bihamata*, *G. boleti*, *G. fasciata*, *G. joyi*, *G. joyioides*, *G. manca*, *G. minima*, *Haploglossa villosula*, *Leptusa fumida*, *Lordithon lunulatus*, *L. speciosus*, *Megarthus depressus*, *Omalium caesum*, *Oxyropa acuminata*, *O. alternans*, *Oxyporus maxillosus*, *Philonthus tenuicornis*, *Phloeocharis subtilissima*, *Quedius mesomelinus*, *Q. plagiatus*, *Q. xanthopus*, *Rugilus rufipes*, *Sepedophilus bipustulatus*, *S. testaceus*, *Tachinus laticollis*.

Таким образом, из 148 видов собранных стафилинид 37 видов связаны с плоским трутовиком. Для 19 видов установлена связь с плоским трутовиком по обоим критериям, для 2 — по критерию доминирования и для 16 — по критерию постоянства встречаемости. Из них для 29 видов стафилинид связь с *G. applanatum* установлена впервые.

Таким образом, ловушка Кайла пригодна для мониторинга мицетобионтных жесткокрылых насекомых. Ловушки позволяют собрать большой объем сопоставимого материала в разных условиях. Этот метод позволяет определить число видов и особей, а также проследить динамику этих показателей. Для лучшей сохранности материала можно по-

рекомендовать использовать другие консерванты, так как в растворе NaCl насекомые плохо сохраняются. Для изучения экологии и биологии мицетобионтных насекомых исследования необходимо дополнять непосредственными наблюдениями за конкретными видами и выведением имаго из личинок, обитающих на обследуемых грибах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Яковлев Е.Б., Осипова Л.Т. Видовой состав и биоэкологические особенности насекомых — обитателей плодовых тел съедобных грибов в Южной Карелии // Насекомые и фитопатогенные грибы в лесных экосистемах. Петрозаводск: Изд-во КФ АН СССР, 1985. С. 4—71.
2. Siitonen J. Decaying wood and saproxylic Coleoptera in two old spruce forests: a comparison based on two sampling methods // Ann. Zool. Fennici. Vol. 31. 1994. P. 89—95.
3. Bakke A. High diversity of saproxylic beetles in a hemiboreal mixed forest reserve in the south of Norway // For. Res. 1999. Vol. 14. P. 199—208.
4. Alinvi O., Ball J.P., Danell K., Hjältén J., Pettersson R.B. Sampling saproxylic beetle assemblages in dead wood logs: comparing window and elector traps to traditional bark sieving and a refinement // Insect Conserv. 2007. Vol. 11. P. 99—112.
5. Kaila L. A new method for collecting quantitative samples of insects associated with wood fungi // Entomol. Fennica. 1993. Vol. 4. P. 21—23.
6. Kaila L., Martikainen P., Punttila P., Yakolev E.B. Saproxylic beetles (Coleoptera) on dead birch trunks decayed by different polypore species // Ann. Zool. Fennici. 1994. Vol. 31. P. 97—110.
7. Никитский Н.Б., Осипов И.Н., Чемерис М.В., Семенов В.Б., Гусаков А.А. Жесткокрылые — ксилобионты, мицетобионты и пластинчатоусые Приокско-террасного биосферного заповедника (с обзором фауны этих групп Московской области) // Тр. Зоологического музея МГУ. 1997. Т. 36. 197 с.
8. Никитский Н.Б., Семенов В.Б. К познанию жесткокрылых насекомых (Coleoptera) Московской области // Бюл. МОИП. Отд. биол. 2001. Т. 106. Вып. 4. С. 38—49.
9. Щигель Д.С. Жесткокрылые — обитатели трутовых грибов европейской части России: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М.: Изд-во Моск. ун-та, 2003. 21 с.
10. Müller J., Bußler H., Kneib T. Saproxylic beetle assemblages related to silvicultural management intensity and stand structures in a beech forest in Southern Germany // J. Insect. Conserv. 2008. Vol. 12. P. 107—124.
11. Nikitsky N.B., Schigel D.S. Beetles in polypores of the Moscow region, Russia: checklist and ecological notes // Entomol. Fennica. 2004. Vol. 15. P. 6—22.
12. Engelmann H.D. Zur Dominanzklassifizierung von Bodenarthropoden // Pedobiologia. 1978. Vol. 18. P. 378—380.
13. Дажо Р. Основы экологии. М.: Прогресс, 1975. 354 с.
14. Kaila L., Martikainen P., Punttila P. Dead trees left in clearcuts benefit saproxylic Coleoptera adapted to natural disturbances in boreal forest // Biodiv. Conserv. 1997. Vol. 6. P. 1—18.
15. Красуцкий Б.В. Мицетофильные жесткокрылые (Coleoptera, Insecta) Урала и Зауралья. Система “Дереворазрушающие грибы — Насекомые”: Автореф. дис. ... докт. биол. наук. Челябинск, 2007. 220 с.
16. Schigel D.S., Niemelä T., Similä T., Kinnunen J., Manninen O. Polypores and associated beetles of the North Karelian Biosphere Reserve, eastern Finland // Karstenia. 2004. Vol. 44. P. 35—56.
17. Schigel D.S., Niemelä T., Kinnunen J. Polypores of western Finnish Lapland and seasonal dynamics of polypore beetles // Karstenia. 2006. Vol. 46. P. 37—64.

Поступила в редакцию
19.05.11

MONITORING OF MICETOBIONT INSECTS (COLEOPTERA) WITH USING KAILA'S TRAPS

O.S. Kochetova, V.B. Semenov, V.A. Zotov, D.S. Schigel

We have researched a new method of collecting insects, which are associated with Fungi. We used modified window traps — the traps of Kaila. We elaborated criteria of detection fungi-insect interactions. We analysed the kind of interactions between Staphylinidae and Fungi. Data on suitability of the trap for monitoring of micetobiont insects and selectivity of the trap are received. We gave some recommendations for using this trap.

Key words: insects, fungi, monitoring, ecology, Staphylinidae.

Сведения об авторах

Кочетова Ольга Сергеевна — аспирантка кафедры энтомологии биологического факультета МГУ. Тел.: 8(929)6490047; e-mail: melandrium@gmail.com

Семёнов Виктор Борисович — ст. лаборант, Институт медицинской паразитологии и тропической медицины им. Е.И. Марциновского. Тел.: 8(906)7341106; e-mail: schweiz.vitja@mail.ru

Шигель Дмитрий Сергеевич — канд. биол. наук, Faculty of Biological and Environmental Sciences University of Helsinki. Тел.: +358 9 191 57691; e-mail: dmitry.shchigel@helsinki.fi

Зотов Виктор Алексеевич — докт. биол. наук, кафедра энтомологии биологического факультета МГУ. Тел.: 8(916)2673883; e-mail: vaz50@mail.ru

УДК 574.51+574.587

АССАМБЛЕИ МАКРОЗООБЕНТОСА В РОДНИКАХ ПЕНЗЕНСКОЙ ОБЛАСТИ

А.А. Ивановский

(кафедра гидробиологии; e-mail: al_ivanovsky@mail.ru)

На оригинальном материале проведена классификация ассамблей родникового макрозообентоса. Показано пять типов ассамблей: *Potamophylax nigricornis* — *Baetis rhodani* — *Cnetha* spp. — Nemouridae; *Rhyacophila fasciata*; *Stenophylax lateralis* — Euglesidae — *Ptychoptera* spp.; *Asellus aquaticus*; *Apatania auricula*. Факторами дифференциации этих ассамблей являются водорасход, скорость течения (выступающие как независимые факторы) и тип субстрата. Проведено сравнение полученной классификации с другими существующими в литературе вариантами классификаций родникового макрозообентоса.

Ключевые слова: население родников, ассамблеи макрозообентоса, типы ассамблей.

Население родников является давним объектом внимания исследователей [1, 2]. В литературе имеются сведения о разных компонентах родниковой биоты: водорослях [3], мейозообентосе [4], макрозообентосе [5]. Последний является одной из самых заметных составляющих структуры родниковых сообществ. Однако обобщающих работ, посвященных макрозообентосу родников, известно немного [6–8]. Эти работы выполнены в разных зоогеографических регионах, свои построения авторы осуществляли разными методами. И, по-видимому, в силу этих обстоятельств выводы разных авторов не объединяются в единую систему.

Проблемы классификации родниковых сообществ и границ между ними обсуждаются довольно давно. Одной из первых классификаций сообществ, получившей широкое признание и распространение, является классификация А. Тинеманна, поделившего родники по признакам геоморфологии на реокрены (родниковые ручьи), лимнокрены (родниковые лужи) и гелокрены (родниковые топи) [2]. В некоторых работах показано соответствие этой классификации наблюдаемому разнообразию родниковых сообществ макробентоса [6].

В той же работе А. Тинеманн [2] отделил для гелокренов собственно родниковую фауну (in sensu stricto) от фауны окружающих гелокрен полуводных мест обитания (особенно богатой двукрылыми). Позже Фишер [9] отделил последнюю от гидрофильной наземной фауны, представленной сложным набором членистоногих и моллюсков. Однако некоторые авторы [3, 10, 11] считают, что родниковую фауну надо понимать в широком смысле, основывая свою точку зрения на общих построениях геоморфологии и гидрологии.

Существуют два подхода в изучении родниковых сообществ: когда родник или родниковый ручей рассматривается в целом, как однородное местообитание [8], и когда в нем выделяют и ана-

лизируют сообщества разных микробиотопов [12]; при этом сравниваются *схожие* микробиотопы из *разных* ручьев [13]. Показано [12], что важным фактором дифференциации сообществ микробиотопов является тип субстрата. Таким образом, эти сообщества имеют довольно четкие пространственные границы. Между тем показано, что населению разнотипных родников свойственны разные тенденции в заселении наличных микробиотопов [13, 14], что приводит к разной степени его внутренней целостности.

Придание набору совместно обитающих видов статуса “сообщество” требует от такой совокупности внутренней целостности и наличия функциональных границ с соседними совокупностями [15]. Этим условиям удовлетворяет трактовка “сообщества” как населения родникового микробиотопа. В то же время соответствие этому определению населения родника как цельного местообитания не всегда однозначно. Поэтому для населения родника в целом более подходит термин “ассамблея” в определении П. Джиллера [16].

Еще одним важным моментом в классификации ассамблей и сообществ родникового бентоса является подход к выделению типов. Нередко классификацией называют описание населения родников, заранее поделенных на типы [12]. Однако было показано, что геологические классификации родников мало применимы в гидробиологии [3], а априорные классификации типов сообществ не всегда дают удовлетворительные результаты [17]. Поэтому при создании классификаций сообществ или ассамблей следует классифицировать все-таки комплексы видов, а не места их обитания.

Исследователи чаще используют первый из упомянутых нами подходов к изучению родникового населения. На этом же подходе — рассмотрении родника как цельного местообитания — основано и самое крупное обобщение по населению родников в отечественной литературе последних лет [6].

Поэтому целью данной работы было создание на оригинальном материале классификации ассамблей родникового макрозообентоса и сравнение нашей классификации с уже существующими в литературе.

Материал и методы

Материалом для исследования послужили 110 количественных проб макрозообентоса, собранных в 42 родниках в крупнейших родниковых районах Пензенской обл. (Россия) в 2003—2008 гг. Компактное расположение района исследования позволяет исключить из рассмотрения фактор влияния плейстоценовых оледенений на состав населения родников (этот вопрос в литературе является одним из наиболее разработанных и однозначных).

Отбор проб производился гидробиологическим сачком с ячейей 1 мм. Сбор организмов проводился до выхода количества видов “на плато”. При этом облавливали все доступные в пределах каждого родника микробиотопы, которые выделялись по типу субстрата, скорости течения, глубине, водорасходу [13]. Разбор проб осуществлялся по общепринятым гидробиологическим методикам [18].

Участие вида в структуре населения родника определяли по относительной величине интенсивности метаболизма [19].

Классификацию ассамблей макрозообентоса проводили методом Браун—Бланке в одном из последних описаний [20]. При этом не учитывали таксоны, встреченные менее чем в трех пробах или двух родниках. Названия ассамблей даны по доминирующим и/или дифференцирующим (в понимании Миркина и др.[20]) таксонам.

Результаты и обсуждение

Нами установлено 136 низших определяемых таксонов, еще около 50 (в основном единично встреченных представителей Euglesidae и Orthocladinae) остались не определенными. Установленные таксоны принадлежат к классам Turbellaria, Oligochaeta, Hirudinea, Gastropoda, Bivalvia, Crustacea; среди насекомых выявлены 6 отрядов; отряд двукрылых представлен в наших материалах 14 семействами.

Центральная видовая ассамблея, отмеченная нами в 15 родниках из 42 — *Potamophylax nigricornis* — *Baetis rhodani* — *Cnetha* spp. — Nemouridae. Для нее характерно то, что крупные Limnephilidae доминируют во всех микробиотопах в пределах каждого родника этого типа при разных сочетаниях содоминантов [13]. Родники, заселенные этой ассамблеей, представляют собой ручьи с водорасходом более 1 л/с, редко меньше. При этом в последнем случае вблизи (на расстоянии порядка десятков-сотен метров) всегда находятся более мощные родники, несущие такую же ассамблею. Субстрат любой, кроме илового.

Еще в пяти родниках со схожей гидрологией из двух урочищ мы отмечаем видовую ассамблею,

отличающуюся от только что описанной замещением доминанта на близкий в таксономическом плане вид — *Chaetopteryx* sp., содоминирующий местами с *Potamophylax nigricornis*. Характерной особенностью этой ассамблеи является присутствие в числе доминантов *Sericostoma personatum*. Смену доминантного комплекса ручейников мы связываем с местными — географическими в самом мелком масштабе — причинами. Заметим, что этот более редкий доминантный комплекс формируется в родниках с наибольшим внутренним разнообразием микробиотопов и их наибольшей контрастностью.

В трех родниках из разных районов области мы отмечаем ассамблею с доминированием *Rhyacophila fasciata* и содоминированием указанных выше групп: Stenophylacini, Baetidae, *Cnetha* spp., Nemouridae. Эта ассамблея характерна для самых мощных ручьев (водорасходом более 4 л/с) с каменистым субстратом. В силу редкости такого сочетания условий для региона сама ассамблея тоже является редкой. Доминантный комплекс с *Rhyacophila fasciata* в пределах каждого родника практически не выходит на не каменистые субстраты, поэтому там его замещает центральная ассамблея *Potamophylax nigricornis* — *Baetis rhodani* — *Cnetha* spp. — Nemouridae.

Еще одной ее вариацией мы считаем ассамблею с доминированием *Limnephilus* spp., отмеченную нами в двух родниках у уреза р. Суры [21]. Часть второстепенных видов этой ассамблеи оказывается общей с ассамблеей *Potamophylax nigricornis* — *Baetis rhodani* — *Cnetha* spp. — Nemouridae, а часть — с широко распространенными эврибионтными видами, характерными для осевой реки.

Для двух удаленных друг от друга родников мы указываем ассамблею *Cnetha* spp. — *Amphinemura* spp., которую также считаем местной вариацией ассамблеи *Potamophylax nigricornis* — *Baetis rhodani* — *Cnetha* spp. — Nemouridae. Гидрологические условия в этих родниках не отличаются от условий в родниках, заселенных центральной ассамблеей.

Вторая по встречаемости видовая ассамблея родникового макрозообентоса — *Stenophylax lateralis* — Euglesidae — *Ptychoptera* spp., дифференцирующие виды в которой образуют градиент от доминирования *Stenophylax lateralis* к доминированию *Ptychoptera* spp. при длинном шлейфе общих второстепенных видов; в этом ряду характерный водорасход родников снижается от 2 л/с до 0,5 л/с. При этом скорость течения гораздо ниже, чем для предыдущей ассамблеи и никогда не превышает 0,2 м/с. Субстрат мягкий, сложенный детритом, илом, листовым опадом или представленный насыщенной водой почвой в случае типичных гелокренов. Четыре родника из этой группы, расположенные в одном урочище на расстоянии десятков метров друг от друга, в числе доминантов несут олигохету *Eiseniella tetraedra*, что мы считаем еще одним проявлением местных вариаций в составе видовой ассамблеи.

Три родника, расположенных в одном урочище на расстоянии сотен метров один от другого, несут последнюю отмечаемую нами типическую ассамблею с доминированием *Asellus aquaticus* и некоторых Tanypodinae. По своей морфологии эти родники более всего подходят под определение лимнокрена — родниковой лужи. Доминирующий комплекс заселил все наличные субстраты в чашах родников.

В единственном роднике, самом мощном из изученных нами (водорасход до 18 л/с), отмечена не имеющая аналогов ассамблея, в которой кренофильный ручейник *Apatania auricula* содоминирует со многими видами Orthocladiinae и Diamesinae. Единственный субстрат в этом роднике — камни, покрытые слоем водорослевых обрастаний. Других подобных местообитаний в пределах региона нам не известно.

Не считая вариаций выделенных нами типов, всего мы показываем 5 типических ассамблей родникового макрозообентоса (для краткости приведем только первые дифференцирующие виды): *Potamophylax nigricornis*; *Rhyacophila fasciata*; *Stenophylax lateralis*; *Asellus aquaticus*; *Apatania auricula*. Такая классификация согласуется, с некоторыми оговорками, с результатами, приводимыми для географически близкого региона [6].

Для родников Московской обл. характерны 4 видовых комплекса. При этом самыми распространенными названы биоценозы *Rh. fasciata* — *B. rhodani* (макрореокрен) и *P. nigricornis* (микроореокрен). В рассматриваемом нами регионе макрореокрены — ручьи с каменистым дном и большим водорасходом — довольно редки. Поэтому второй доминант (*B. rhodani*), менее требовательный к типу субстрата, заселяет и другие ручьи, соответствующие по своей гидрологии микроореокрену, в результате чего в родниках Пензенской обл. формируется “смешанный” биоценоз *P. nigricornis* — *B. rhodani*.

Nemurella pictetii, характерная для лимнокренов Московской обл., не включена нами в классификацию, так как (вместе с другим представителем семейства — *Nemoura cinerea*) встречается более чем в половине родников. В то же время, по нашим данным, наиболее соответствует определению лимнокрена, как было сказано выше, ассамблея с доминированием *A. aquaticus*. Отсутствие же в гелокренах Пензенской обл. *Parachiona picicornis*, характерной для гелокренов Московской обл., наиболее вероятно связано, как мы отмечали ранее, с общей тенденцией расселения этого вида по европейской части России [21].

В силу указанных причин мы не можем для изученного нами региона провести аналогии между типом родника и типом населяющей его видовой ассамблеи.

Так, население гелокренов (5 родников) представляет собой довольно гетерогенную группу из 43 видов. Характерными таксонами можно считать Euglesidae, Stenophylacini, *Elodes* sp. и группу видов Dip-

tera, состав семейств которых (Limoniidae, Stratiomyidae, Tabanidae, Tipulidae) специфичен для разных родников.

Население лимнокренов (4 родника) представлено двумя пулами видов, общими для которых являются представители семейства Dytiscidae. Первый пул видов характеризуют также жуки — *Hydraena* sp. и *Anacaena lutescens*, второй пул — изопода *Asellus aquaticus*.

Реокрены — самый многочисленный, по нашим данным, тип родниковых местообитаний (33 родника), имеющий весьма разнородное по видовому составу население. По этому признаку, в силу обилия материала, мы можем выделить три группы местообитаний. С точки зрения геоморфологии, эти три группы мы объединяем в два типа: 1) представленные только эукреналью, 2) представленные как эукреналью, так и гипокреналью. К первому типу мы относим родники с обширной зоной, в которой гидрологические условия не отличаются от таковых непосредственно в зоне выхода подземных вод. Ко второму типу мы относим родники, в которых гидрологические условия претерпевают существенные изменения уже на небольшом расстоянии от места выхода подземных вод. Очевидно, что с позиции экологии принадлежность каждого конкретного родника к первому или второму типу является случайностью.

Реокрены, представленные только эукреналью, населены группой таксонов, самыми заметными из которых являются Stenophylacini, Baetidae, Chironomidae, Euglesidae. Для реокренов с большим водорасходом (более 1 л/с) при этом характерны *Potamophylax nigricornis*, Baetidae, Chironomidae. Для реокренов с меньшим водорасходом (менее 1 л/с) характерны другие виды Stenophylacini, а также представители Euglesidae и Chironomidae.

Реокрены с развитыми эу- и гипокреналью несут и более богатую фауну, в целом объединяющую два описанных выше варианта, что связано с большим разнообразием гидрологических условий.

На наш взгляд, общепринятая характеристика родников с позиции геоморфологии [2] пригодна для классификации их как водных объектов с позиций географии или хозяйственного использования водных ресурсов. Однако этой классификации абсолютно недостаточно для цели адекватного описания населения каждого родника, так как она не позволяет *предсказывать* состав населения, зависящий от более широкого круга сложно взаимодействующих между собой факторов.

О том, какие это факторы, в литературе нет единого мнения. Крайняя точка зрения заключается в том, что единых факторов, универсальных для всех родников, не существует [22]. Сами родниковые сообщества демонстрируют градуальный переход от гелокренов к реокренам [23]. По нашим данным, это верно только для одной ассамблеи (*Stenophylax lateralis* — Euglesidae — *Ptychoptera* spp.).

При этом остальное разнообразие типов видовых комплексов остается за рамками рассмотрения.

Существует подход, в котором классификация типов родникового населения проводится на ограниченном числе таксонов [24]. Подробно определив жуков семейства Elmidae, авторы поделили родники на три группы в зависимости от населения этих жуков и наличия или отсутствия ракообразных и моллюсков. При этом факторами дифференциации сообществ были названы высота местности и температура воды. Эти результаты хорошо соотносятся с общими экологическими построениями других исследователей, указывавших на преимущественное заселение ракообразными и другими слабо расселяющимися группами низинных родников [25] и на связь температуры среды с жизненными циклами насекомых и составом родниковых сообществ [26]. Однако одно семейство жесткокрылых не охватывает всего разнообразия родниковой фауны.

Для районов, не подвергавшихся недавнему действию покровных оледенений, характерна более богатая на уровне макротаксонов родниковая фауна [27]. Наиболее удачная ее классификация изложена в одной часто цитируемой работе [7]. Отмечая, что большинство отрядов животных представлены в их данных единственным доминирующим видом, авторы описали “трядные комплексы”, выделив пять типов сообществ (насекомые; амфиподы; ракообразные + моллюски и др.) Такое деление согласуется с некоторыми абиотическими факторами, преж-

де всего с кислотностью воды и типом субстрата. Сами авторы отмечают, что их классификация позволяет предсказывать состав населения по известным абиотическим факторам среды.

По нашим данным, именно такой подход к классификации родникового населения оказывается наиболее удачным. Описания априорно выделяемых типов родников могут искажать общую картину разнообразия населения. Напротив, поиск устойчивых, *типических* видовых комплексов, а также факторов их дифференциации, позволяет создавать классификации, обладающие прогностическим свойством.

Выводы

Родниковое население постгляциальных территорий остается довольно слабо изученным. Нами показаны пять типических ассамблей родникового макрозообентоса с территории Пензенской обл.: *Potamophylax nigricornis* — *Baetis rhodani* — *Cnetha* spp. — Nemouridae; *Rhyacophila fasciata*; *Stenophylax lateralis* — Euglesidae — *Ptychoptera* spp.; *Asellus aquaticus* — Tanypodinae; *Apatania auricula* — Orthocladinae. Факторами дифференциации этих ассамблей являются водорасход, скорость течения (выступающие как независимые факторы) и тип субстрата. Далеко не всегда тип родника (как водного объекта) соответствует типу населяющей его видовой ассамблеи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Жадин В.И. Жизнь в источниках // Жизнь пресных вод СССР. Т. III. / Под. ред. Е.Н. Павловского, В.И. Жадина. М.; Л.: Изд-во Академии наук СССР, 1950. С. 707—724.
2. Thienemann A. Hydrobiologische Untersuchungen an Quellen (I—IV) // Archiv für Hydrobiologie. 1922. Vol. 14. P. 151—190.
3. Cantonati M., Gerecke R., Bertuzzi E. Springs of the Alps — sensitive ecosystems to environmental change: from biodiversity assessments to long-term studies // Hydrobiologia. 2006. Vol. 562. P. 59—96.
4. Sarkka J., Levonen L., Makela J. Meiofauna of springs in Finland in relation to environmental factors // Hydrobiologia. 1997. Vol. 347. P. 139—150.
5. Glazier D.S. The fauna of North American temperate cold springs: patterns and hypotheses // Freshwater Biology. 1991. Vol. 26. P. 527—542.
6. Чертопруд М.В. Родниковые сообщества макрозообентоса Московской области // Журн. общ. биол. 2006. Т. 67. № 5. С. 376—384.
7. Glazier D.S., Gooch J.L. Macroinvertebrate assemblages in Pennsylvania (U.S.A.) springs // Hydrobiologia. 1987. Vol. 150. P. 33—43.
8. Gray D.P. Braided river springs: distribution, benthic ecology and role in the landscape: A Thesis submitted for the degree of Master of Science in Ecology. Canterbury: Canterbury University Press, 2005. 221 p.
9. Fischer J. Bewertungsverfahren zur Quellfauna // Cruoecia. 1996. Vol. 5. P. 227—240.
10. Lindegaard C., Thorup J., Bahn M. The invertebrate fauna of the moss carpet in the Danish spring Ravnkilde and its seasonal, vertical, horizontal distribution // Archiv für hydrobiologie. 1975. Vol. 75. P. 109—139.
11. Wood P.J., Gunn J., Smith H., Abas-Kutty A. Flow permanence and macroinvertebrate community diversity within groundwater dominated headwater streams and springs // Hydrobiologia. 2005. Vol. 545. P. 55—64.
12. Ilmonen J., Paasivirta L. Benthic macrocrustacean and insect assemblages in relation to spring habitat characteristic: patterns in abundance and diversity // Hydrobiologia. 2005. Vol. 533. P. 99—113.
13. Ивановский А.А. Закономерности дифференциации локальных сообществ родникового макрозообентоса внутри макробиотопа // Мат-лы докл. XV Междунар. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых “Ломоносов”. Секция “Биология”. М.: Изд-во Моск. ун-та; СП “Мысль”, 2008. 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). С. 4.
14. Ивановский А.А. Типы сообществ макрозообентоса в пределах одного макрореокрена // Экосистемы малых рек: биоразнообразие, экология, охрана. Лекции и материалы докладов Всероссийской школы-конференции. Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина, Борок, 18—21 ноября 2008 г. Ярославль: Ярославский печатный двор, 2008. С. 151—153.

15. Бурковский И.В. Морская биогеоценология. Организация сообществ и экосистем. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2006. 285 с.
16. Джиллер П. Структура сообществ и экологическая ниша / Пер. с англ. М.: Мир, 1988. 184 с.
17. Ивановский А.А. Структура сообщества макрозообентоса родниковых ручьев (на примере водотоков Голицынского лесопарка) // Мат-лы конф. молодых ученых: "Экология в меняющемся мире", Екатеринбург, 24—28 апреля 2006 г. Екатеринбург: Академкнига, 2006. С. 80—82.
18. Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем / Под ред. В.А. Абакумова. СПб: Гидрометеиздат, 1992. 320 с.
19. Кучерук Н.В. Сублиторальный бентос североперуанского апвеллинга // Экология фауны и флоры прибрежных зон океана. М.: ИО АН СССР, 1985. С. 14—31.
20. Миркин Б.М., Наумова Л.Г., Соломещ А.И. Современная наука о растительности. М.: Логос, 2001. 263 с.
21. Ивановский А.А. Кренобионтные, кренофильные и эврибионтные ручейники родников государственного природного заповедника Приволжская лесостепь // Самарская Лука. 2009. Т. 18. № 3. С. 216—220.
22. Mori N. Macroinvertebrate community of karst springs in the Julian Alps in relation to environmental factors // Natura Sloveniae. 2003. Vol. 5. P. 5—17.
23. von Fumetti S., Nagel P., Scheifhacken N., Baltes B. Factors governing macrozoobenthic assemblages in perennial springs in north-western Switzerland // Hydrobiologia. 2006. Vol. 568. P. 467—475.
24. Myers M.J., Resh V.H. Trichoptera and other macroinvertebrates in springs of the Great Basin: species composition, richness, and distribution // Western North America Naturalist. 2002. Vol. 62. P. 1—13.
25. Barquin J., Death R.G. Spatial patterns of macroinvertebrate diversity in New Zealand springbrooks and rhithral streams // J. of the N. Amer. Benth. Soc. 2006. Vol. 25. P. 768—786.
26. Thorup J. Growth and life-cycle of invertebrates from Danish springs // Hydrobiologia. 1963. Vol. 22. P. 55—84.
27. Hoffstein P.-O., Malmqvist B. The macroinvertebrate fauna and hydrogeology of springs in central Sweden // Hydrobiologia. 2000. Vol. 436. P. 91—104.

Поступила в редакцию
31.03.10

MACROZOOBENTHOS ASSEMBLAGES IN SPRINGS OF PENZA REGION

A.A. Ivanovsky

The classification of spring macrozoobenthos assemblages is carried out on original data. The five types of assemblages is revealed: *Potamophylax nigricornis* — *Baetis rhodani* — *Cnetha* spp. — Nemouridae; *Rhyacophila fasciata*; *Stenophylax lateralis* — Euglesidae — *Ptychoptera* spp.; *Asellus aquaticus*; *Apatania auricula*. The differentiation factors of these assemblages are water flow, water velocity which are independent conditions and substrate type. Comparison with other classification modes is done.

Key words: spring population; macrozoobenthos assemblages; types of assemblages.

Сведения об авторе

Ивановский Александр Александрович — аспирант кафедры гидробиологии биологического факультета МГУ. Тел.: 8-906-086-31-51, 8-927-094-08-07; e-mail: al_ivanovsky@mail.ru

ДАТЫ

**ВСЕРОССИЙСКИЙ СИМПОЗИУМ С МЕЖДУНАРОДНЫМ
УЧАСТИЕМ “АВТОТРОФНЫЕ МИКРООРГАНИЗМЫ”****(Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,
биологический факультет, 23—26 декабря 2010 г.)**

23—26 декабря 2010 г. на биологическом факультете МГУ имени М.В. Ломоносова был проведен 4-й Всероссийский симпозиум с международным участием “Автотрофные микроорганизмы”, посвященный 85-летию со дня рождения академика РАН Елены Николаевны Кондратьевой. Подобные симпозиумы традиционно проводятся каждые 5 лет, начиная с 1995 г. Е.Н. Кондратьева (1925—1995) — основоположник изучения в нашей стране физиологии и метаболизма фототрофных бактерий, бактериального фотосинтеза, фотобиотехнологии: под ее руководством на кафедре микробиологии МГУ была создана коллекция культур пурпурных и зеленых бактерий. Ей также принадлежат пионерские работы по физиологии метилотрофных микроорганизмов. Е.Н. Кондратьева — крупный организатор науки и общественный деятель, она была президентом Всесоюзного Микробиологического Общества, вице-президентом Федерации Европейских Микробиологических Обществ (FEMS), с 1989 г. и до конца жизни заведовала кафедрой микробиологии МГУ.

В ноябре 2010 г. исполнилось 110 лет со дня рождения одного из основоположников геологической микробиологии и лимнологии, чл.-корр. АН СССР Сергея Ивановича Кузнецова (1900—1987). Его научная и педагогическая деятельность тесно связана с Московским университетом. Ближайший ученик основателя кафедры микробиологии Е.Е. Успенского, С.И. Кузнецов был в числе ее первых аспирантов, преподавателей, профессоров, а во время Великой Отечественной войны исполнял обязанности заведующего. На симпозиуме юбилею С.И. Кузнецова было посвящено заседание секции “Экология микроорганизмов”. Симпозиум был также посвящен 80-летию биологического факультета МГУ.

Проведены историко-мемориальное, пленарные и секционные заседания, стендовая сессия, а также организована экскурсия в Архив РАН на выставку “Российские биологи в Институте Пастера”, приуроченную к году России во Франции и Франции в России (экскурсию проводила научный консультант выставки Н.Н. Колотилова, МГУ). На кафедре микробиологии были организованы выставки книг и фотографий, отражающие этапы жизни и научной деятельности Е.Н. Кондратьевой и С.И. Кузнецова.

На историко-мемориальном заседании (23 декабря) были заслушаны доклады проф. МГУ А.И. Нетрусова “Елена Николаевна Кондратьева — академик и спортсменка”, проф. В.М. Горленко (ИНМИ РАН,

Москва) “Сергей Иванович Кузнецов” и Н.Н. Колотиловой “Елена Сергеевна Виноградская. К 120-летию со дня рождения”. С воспоминаниями о Е.Н. Кондратьевой выступил чл.-корр. РАН А.Б. Рубин (МГУ), а также коллеги из Пушкино Ю.Е. Ерохин, Т.В. Финогонова, А.А. Цыганков.

Пленарное заседание “Хемолитотрофы и метилотрофы” (24 декабря) открыл доклад акад. РАН М.В. Иванова (ИНМИ РАН, Москва), посвященный новым аспектам изучения фракционирования стабильных изотопов углерода природными ассоциациями микроорганизмов. В докладе докт. биол. наук Е.А. Бонч-Осмоловской (ИНМИ РАН, Москва) был охарактеризован широкий спектр новых термофильных литотрофных прокариотов, представлены новые сведения о путях использования ими C_1 -соединений и значении этих процессов в биосфере. Данные о распространении в океане архей и их участии в важнейших глобальных процессах были представлены в докладе докт. биол. наук Н.В. Пименова (ИНМИ РАН, Москва). В докладе докт. биол. наук Ю.А. Троценко (ИБФМ РАН, Пушкино) были обобщены современные знания о метилотрофных бактериях. Докт. биол. наук А.А. Цыганков (ИБФМ РАН, Пушкино) обсудил биотехнологические и экономические аспекты проблемы получения водорода с помощью микроорганизмов.

Пленарное заседание “Фотосинтез и фототрофы” было посвящено физиологии и метаболизму, эволюции и таксономии фотосинтезирующих микроорганизмов. В докладе проф. МГУ Р.Н. Иванова дана новая интерпретация значения автотрофной фиксации CO_2 через восстановительный цикл трикарбоновых кислот. Проф. В.М. Горленко представил современные взгляды на распространение облигатно аэробных бактерий, образующих бактериохлорофилл *a*, их место и роль в биосфере. Проф. Санкт-Петербургского университета А.В. Пиневич сообщил новые данные о распространении прохлорофитов, их цитологических особенностях, таксономии и возможном месте в эволюции фототрофов. Вопрос об эволюции оксигенного фотосинтеза был поставлен и в докладе докт. биол. наук И.Н. Стадничука (Москва), а в сообщении А.А. Москаленко (Пушкино) освещены современные концепции о роли в фотосинтезе каротиноидов.

На заседаниях секций “Фотосинтез и фототрофы” и “Фотохемолитотрофы и метилотрофы” было продолжено обсуждение проблемы фотоводорода,

механизмов фотосинтеза, окислительного стресса у фото- и хемотрофов (Н.А. Зорин, Ю.Е. Ерохин, И.Р. Фомина, Пушино; К.В. Неверов, В.Д. Самуилов, А.Л. Брюханов, МГУ), физиологии метилотрофов (В.Н. Хмеленина, Пушино).

На следующем заседании секции “Фототрофы” (25 декабря) обсуждались проблемы геномики и протеомики клеточного деления цианобактерий (О.А. Кокшарова, МГУ), а также вопросы экофизиологии цианобактерий из географически различных местообитаний (О.В. Гаврилова, С.-Петербург; О.С. Самылина, Москва; Е.Н. Патова, Сыктывкар; Ю.В. Батаева, АГУ, Астрахань, С.С. Злобин, Киров). На заседании секции “Экология микроорганизмов”, посвященной 110-летию со дня рождения С.И. Кузнецова, были заслушаны доклады, посвященные проблемам биоремедиации и очистки окружающей среды (А.Н. Ножевникова, Москва; И.Б. Котова, И.А. Бубнов, С.М. Абрамов, МГУ), микробной биогеохимии и геохимии (М.Ю. Чудецкий, А.Г. Булаев, Москва). На заключительном заседании были подведены итоги симпозиума. Приняты решения: всемерно спо-

собствовать дальнейшему развитию исследований фототрофных, хемолитотрофных и метилотрофных микроорганизмов; проводить симпозиум “Автотрофные микроорганизмы” каждые 5 лет; ходатайствовать об установлении в здании биологического факультета МГУ мемориальной доски для увековечения памяти Е.Н. Кондратьевой; рассмотреть вопрос о подготовке изданий избранных трудов Е.Н. Кондратьевой и С.И. Кузнецова.

Всего на симпозиуме было заслушано 36 устных докладов, обсуждено более 40 стендовых сообщений. Сборник материалов симпозиума включает более 110 работ. В симпозиуме приняли участие ученые из Москвы и ряда городов России (Астрахань, Владивосток, Казань, Киров, Пушино, Санкт-Петербург, Сыктывкар, Тольятти, Улан-Удэ), а также из Австрии, Беларуси, Германии, Казахстана, Китая, США, Узбекистана, Украины, Франции.

Симпозиум был организован при поддержке гранта Российского фонда фундаментальных исследований (грант № 10-04-06135Г).

Н.Н. Колотилова, А.И. Нетрусов

ВСЕРОССИЙСКИЙ СИМПОЗИУМ С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ “БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫЕ ВЕЩЕСТВА МИКРООРГАНИЗМОВ: ПРОШЛОЕ, НАСТОЯЩЕЕ, БУДУЩЕЕ”

**(Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,
биологический факультет, 27—29 января 2011 г.)**

27—29 января 2011 г. на биологическом факультете МГУ имени М.В. Ломоносова был проведен Всероссийский симпозиум с международным участием “Биологически активные вещества микроорганизмов: прошлое, настоящее, будущее”, посвященный 90-летию со дня рождения и 60-летию творческой деятельности заслуженного профессора Московского университета, заслуженного деятеля науки РФ, лауреата Государственной премии СССР Николая Сергеевича Егорова.

Н.С. Егоров является одним из основоположников в области исследования и промышленного получения антибиотиков, физиологии микроорганизмов-продуцентов биологически активных веществ. Под его руководством были начаты и успешно продолжаются фундаментальные работы по образованию микроорганизмами протеаз и ряда других ферментов, имеющих практическое значение, прежде всего важных для медицины. Н.С. Егоров внес большой вклад в развитие образования в нашей стране и за рубежом: более 30 лет он был заместителем министра высшего образования СССР и одновременно заведующим кафедрой микробиологии в МГУ (1967—1989), где под его руководством сложилась школа микробиологов. В настоящее время он профессор Международного биотехнологического центра МГУ. Более 50 лет Н.С. Егоров читает курс лекций на кафедре микробиологии, а его учебник “Основы учения об антибиотиках” выдержал 6 изданий и вошел в серию “Классический университетский учебник”. Биологический факультет выпустил курс видеолекций Н.С. Егорова в электронном виде.

Тематика симпозиума включала широкий круг вопросов микробиологии и биотехнологии, связанных с изучением биологически активных веществ, образуемых микроорганизмами, их получением, механизмами действия, практическим использованием и т.д. В рамках симпозиума было проведено пленарное заседание (его тематика и название фактически соответствуют названию симпозиума), торжественное и четыре секционных заседания, постерная сессия.

Работа симпозиума началась с заседания секции “Горизонты науки и биотехнологии”, в которой участвовали молодые ученые из МГУ и других научно-исследовательских организаций Москвы и Санкт-Петербурга. В докладе аспиранта кафедры микробиологии МГУ А.А. Осмоловского была кратко изложена история изучения и современное состояние

исследований внеклеточных протеаз микромицета *Aspergillus ochraceus*, являющихся активаторами протеина С плазмы крови. Эти исследования, начатые еще в 60-х гг. XX в. на кафедре микробиологии МГУ под руководством Н.С. Егорова, являются приоритетными и представляют значительный интерес для медицины. В докладах А.С. Егоровой и Е.А. Дородниковой (Москва) были рассмотрены некоторые аспекты физиологии микромицетов, в докладе В.А. Агеевца (Санкт-Петербург) — результаты тестирования медицинского препарата Энкад на антивирусную активность с использованием системы альгофаг—водоросль. В сообщении А.В. Якушева (МГУ) обсуждалось действие на бактерии биологически активных веществ сфагнума. Доклад Е.А. Устюговой (МГУ) был посвящен изучению свойств низина; исследования данного антибиотика также были начаты по инициативе Н.С. Егорова.

На пленарном заседании было заслушано пять докладов. В докладе проф. А.И. Нетрусова (МГУ) была представлена его оценка перспективы развития исследований по антибиотикам, их получения и практического использования. Центральным событием симпозиума стал доклад проф. Н.С. Егорова, в котором юбиляр проанализировал развитие биотехнологии в XX веке, современное состояние ее упадка и сформулировал задачу выхода из кризисной ситуации. В докладе проф. А.М. Егорова (МГУ) были обсуждены механизмы резистентности микроорганизмов к антибиотикам. Доклад В.П. Коробова (Пермь) был посвящен перспективной для медицины и биотехнологии группе антибиотиков — лантибиотикам. Наконец, в докладе П.А. Кожевина внимание было уделено экологической роли антибиотиков. После пленарного заседания состоялось торжественное заседание, на котором с поздравлениями выступили декан биологического факультета МГУ, академик М.П. Кирпичников, проректор МГУ П.В. Вржеш, академики Г.В. Добровольский и К.Г. Скрябин, представители ряда научных организаций. Н.С. Егоров был награжден Почетным знаком биологического факультета МГУ “Заслуженный натуралист”.

29 января состоялись секционные заседания, на которых было заслушано более 20 докладов. Различным аспектам изучения биологически активных веществ были посвящены доклады проф. Д.Г. Дерябина (Оренбург), И.В. Ботвинко, Е.П. Рыжковой, И.В. Даниловой, Н.Н. Колотиловой (МГУ). В докладах Н.С. Захарченко (Пушино), А.А. Широких (Ки-

ров), Л.А. Белявской (Украина, Киев) обсуждались вопросы растительно-микробных взаимодействий. Доклады проф. А.Н. Полина, Л.Г. Стояновой, В.С. Садыковой, Н.А. Ушаковой (Москва) были посвящены исследованиям антибиотиков. В докладе С.Н. Золотухина (Ульяновск) были рассмотрены вопросы изучения и практического использования бактериофагов. Ряд сообщений был посвящен изучению ферментов микроорганизмов. В докладах В.Г. Крейер и А.В. Куракова (МГУ) было рассказано об изучении на кафедре микробиологии МГУ протеолитических ферментов и их продуцентов, были обсуждены проблемы современной биотехнологии.

На заключительном заседании были подведены итоги симпозиума и сформулированы решения о целесообразности регулярного проведения симпозиумов по биотехнологии и о необходимости всемерно способствовать возрождению биотехнологии в России. Был отмечен весомый вклад Н.С. Егоро-

ва в развитие исследований биологически активных веществ и биотехнологии.

Всего на симпозиуме было заслушано более 30 устных и обсуждено около 30 стендовых докладов. Сборник материалов симпозиума включает более 140 работ (число их авторов превышает 400). В симпозиуме приняли участие исследователи из Беларуси, Молдовы, Израиля, Казахстана, Узбекистана, Украины, а также ряда городов России (Санкт-Петербурга, Казани, Саратова, Ульяновска, Улан-Удэ, Перми, Новосибирска, Красноярска, Уфы, Нижнего Новгорода, Оренбурга, Ставрополя, Тулы и др.). К началу симпозиума было приурочено издание "Избранных трудов" Н.С. Егорова (по решению Ученого Совета биологического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова).

Симпозиум был проведен при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант № 11-04-06002г).

Н.Н. Колотилова, А.И. Нетрусов

**К 110-ЛЕТИЮ С.И. ИСАЕВА И
80-ЛЕТИЮ ВНИИС им. И.В. МИЧУРИНА.
С.И. ИСАЕВ — СЕЛЕКЦИОНЕР-ГЛОБАЛИСТ**

Г.Я. Щербенев¹, А.Е. Соловченко

(кафедра биофизики, e-mail: wundy@mail.ru)

Сергей Иванович Исаев (25.05.1901—8.06.1985), доктор сельскохозяйственных наук, профессор, был награжден орденами Ленина, “Знак Почета”, Золотой медалью им. И.В. Мичурина, четырьмя медалями ВСХВ, большой золотой медалью ВДНХ, Дипломом почета ВДНХ (высшая награда ВДНХ), лауреат Государственной премии СССР, заслуженный деятель науки РСФСР.

Среди учеников и последователей И.В. Мичурина Сергей Иванович Исаев занимает особое место, именно ему была отведена роль руководителя по продолжению селекционной работы, начатой его учителем. В Мичуринск Сергей Иванович приехал по приглашению И.В. Мичурина, чтобы возглавить отдел селекции плодовых культур только что созданного Центрального научно-исследовательского института северного плодово-ягодного хозяйства. В первые годы работы он многократно встречался с И.В. Мичуриным, пользовался его советами. Под руководством С.И. Исаева и при его непосредственном участии разрабатывалась методика селекции плодовых культур и воспитывалось поколение селекционеров не только для нашей страны, но и для многих зарубежных государств, создавалась сеть опытных учреждений по садоводству, материально-техническая база отдела. В это время им установлены основные принципы сортоизучения. При определении ценности сорта прежде всего учитывалась его пригодность к производственным технологиям, высокая и регулярная продуктивность и качество плодов.

В 1936 г. коллективом института была завершена работа по выявлению недостатков сортимента по зонам страны и для каждой из них предложена селекционная программа по качественному его улучшению. Создав единую систему селекционных задач, институт взял на себя обязательство по методическому руководству обновления набора сортов. Для этого было организовано два пункта по рассылке цветочной пыльцы: из Мичуринска отправлялась пыльца среднерусских и мичуринских сортов, из Краснодара — южных сортов. Ежегодно заслушивались отчеты о результатах исследований. В 1935 г. в отделе селекции С.И. Исаевым были сформированы группы из сотрудников, занимающихся различными культурами, которые приступили к выполнению селекционных программ. На начальном этапе были определены цели и направления селекционных ис-

следований и установлен принцип — создание новых форм жизни проводить осмысленно, с теоретическим обоснованием, что стало в последующем традицией. В результате было выделено много ценных гибридов — найден эффективный метод подбора родительских пар. Так, от скрещивания Коричного полосатого — коренного “россиянина” с Уэлси — сортом российско-канадского происхождения в государственное испытание было передано 7 новых форм, которые в последующем получили сортовые названия: Коричное новое, Медуница, Осенняя радость, Юный натуралист, Десертное Исаева, Аэлита, Кореянка. Этим селекционным достижением подтвердилась истинность утверждения И.В. Мичурина — внешние условия окрестностей Мичуринска дают возможность получать сорта-шедевры. Наибольший интерес среди синтезированных генотипов заслуживает сорт Медуница. В этом комплексе признаков произошло редкое явление — в плодах по сравнению с плодами исходных форм в полтора раза повысилось содержание сахара.

Именно такой подход позволил С.И. Исаеву стать удачливым селекционером. Он является автором 35 новых сортов, 7 из них — Северный синап, Коричное новое, Народное, Осенняя радость, Победитель, Памяти Мичурина, Юный натуралист и др. вошли в число рекомендуемых для промышленного выращивания.

Среди новых форм, не вошедших в список, есть сорта, получившие широкое распространение не только в нашей стране, но и за рубежом: Мечта, Конфетное, Карликовое, Грушовка ранняя, Красивое и др.

Главная селекционная удача Сергея Ивановича — сорт Северный синап. Его можно смело назвать “королем” российского садоводства. До настоящего времени он входит в число сортов, имеющих широкий ареал распространения. Высокая востребованность производителями и владельцами небольших садовых территорий обусловлена надежностью комплекса хозяйственных и биологических признаков. Залогом повышенной продуктивности является, во-первых, прочность его химических связей между генами — они выдерживают воздействие супермутагенов в больших концентрациях, и, во-вторых, строение кроны, в которой несущие плоды ветви отходят на 90°. Сорт скороплодный, высоко-

¹ ГНУ ВНИИС им. И.В. Мичурина Россельхозакадемии, г. Мичуринск.

урожайный, а плоды обладают продолжительной лежкоспособностью, не требуя особых условий для хранения. Созданный им сорт Конфетное не имеет аналогов в мировом сортименте. На карликовых подвоях он начинает плодоносить еще в питомнике — на второй год жизни. Мякоть плодов имеет неповторимый, медово-конфетный вкус и тонкий аромат. Уникальность состоит в том, что плоды содержат высокий уровень биологической энергии. Ученый физико-энергетического института (г. Обнинск) Владимир Михайлович Алаев после изучения качества плодов сделал заключение, что компоненты мякоти этого сорта гасят воспалительные очаги в организме человека, т.е. вылечивают его на стадии зарождения в нем болезни. По его словам, “этому сорту нет цены, он должен произрастать в каждом саду”. И задача селекционеров в том, чтобы плоды многих сортов обладали этим свойством. К настоящему времени нами установлено, что повышенный уровень биологически активных веществ, способствующий оздоровлению организма человека, передается потомству. В институте создана форма яблони подобного типа с плодами, содержащими столь же высокий потенциал биологической активности, но несколько более позднего созревания и более длительного срока хранения. У нового сорта плоды имеют интенсивно окрашенную кожицу и плотную мякоть. Чтобы отразить главную особенность плодов нового селекционного отбора, было решено сохранить для него старое название — Конфетное-2.

Несомненным селекционным достижением является сорт Медунца, плоды которого ценятся прежде всего за медовый аромат и сладко-пряный вкус, а также обладают высоким содержанием сахара и низким процентом кислоты, что делает их диетическим продуктом. Деревья отличаются зимостойкостью и высокой урожайностью.

Большинство созданных С.И. Исаевым сортов являются донорами ценных признаков и используются в селекции. Включение в гибридизацию ценного комплекса хозяйственных и биологических признаков этих сортов позволяет селекционеру сочетать его с частью наследственности второго родителя, отделив при этом генные структуры с отрицательными свойствами. В комбинациях с Северным синапом это прежде всего выбраковки части наследственных структур, ответственных за ростовую мощь дерева. Так, полученные в институте новые элитные формы Александровское и Городищенское имеют деревья небольшой высоты, требующие меньше затрат ручного труда при обрезке. От гибридизации с сортом Мартовское отобрана форма, объединяющая в своем генотипе высокую урожайность с повышенной устойчивостью к неблагоприятным условиям среды обитания, красивым внешним видом плодов, высокими вкусовыми качествами. От скрещивания Северного синапа с Мечтой получена элитная форма, которая обладает высокой устойчивостью генотипа, скороплодностью (на третий год жизни), урожайностью,

плодами красивой формы, высоких вкусовых достоинств и транспортабельностью.

Многие формы Северного синапа, по ряду причин не рекомендованные производству, могут служить источником уникальных свойств. Включение его в гибридизацию сорта Северянка позволило получить элитную форму с измененным строением дерева. Основу его кроны составляют тонкие ветки, которые сравнительно легко сгибаются под тяжестью урожая. Вполне возможно, что такое строение кроны сведет к минимуму обрезку, полностью исключит ручные операции по наклону ветвей, так как они отрастают под углом 90°. Тонкие гибкие ветки под тяжестью плодов приобретают “плакучее” положение, происходит раскрытие кроны, в силу этого листовая аппарат и плоды в полной мере освещены солнечным светом, а листья во всех частях кроны могут синтезировать органические вещества. При этом плоды в наибольшей степени окрашены и имеют равномерную степень зрелости.

Сергей Иванович до настоящего времени остается единственным из селекционеров-плодоводов, кто сделал попытку философски осмыслить науку о преобразовании наследственных основ жизни, определил ее роль в обществе, произвел оценку методов, направлений и перспективу ее развития. В философском трактате “Селекция как эволюция, управляемая человеком” ученый развил селекционное учение И.В. Мичурина. Как и его учитель, он был убежден, что сорт является главным элементом сада, видел в нем движущую силу развития садоводства и был твердо убежден в том, что ни один элемент технологии выращивания плодовых насаждений не может сравниться по значимости с сортом. Ученый обращал внимание конструкторов новых генотипов на то, что главное в отборе — это приспособленность к условиям существования. При создании новых “форм жизни” работа селекционеров должна быть направлена не только на высокую активность физиологических процессов, но и на морфологию, т.е. на более выгодное соотношение продуктивной части (генеративной сферы и листовой поверхности) и общей массы дерева. Большинство созданных им сортов характеризуется повышенной облиственностью — Северный синап, Победитель, Северянка, Мечта, Грушовка ранняя, Народное и др. Интенсификация садоводства потребовала перехода к уплотненному размещению деревьев в ряду. Этому типу сада в большей степени подходят формы с ослабленным ростом, малообъемной кроной. Такими признаками обладают его сорта Народное, Грушовка ранняя, а также сорта, созданные в более поздние сроки — Спутник, Карликовое, Подарок осени, Пушистая, Спуровое, Роскошное.

С 1971 г. направление на интенсификацию стало центральным в селекции. Заслуга в этом принадлежала другому крупному ученому — Сергею Николаевичу Степанову. Именно он увидел в мно-

гоэтажном построении плодового дерева сдерживающий фактор развития отрасли.

Многие идеи, высказанные С.И. Исаевым в философском обобщении, нашли подтверждение в исследованиях его последователей, в том числе и во ВНИИС им. И.В. Мичурина. В теоретическом трактате ученый четко обозначил задачи селекции. Совместными исследованиями ученых двух институтов — ВНИИС им. И.В. Мичурина и ВНИИГ и СПР им. И.В. Мичурина — найдено объяснение возникновения культурности у плодовых растений — это более активное функционирование определенных генов, и найден фактор (когерентное электромагнитное излучение), с помощью которого возможен перевод признаков исходного (дикого) типа на более высокий уровень эволюционного развития — культурную стадию. Это теоретическое обоснование выкристаллизовывалось в результате полученных практических результатов: так, у ирги колосовидной была отобрана форма с массой плода в 1,5 г (у исходной формы не более 0,7 г) и одновременным созреванием.

Сергей Иванович был высокого роста, имел хорошо сложенную фигуру. В походке, жестах, манерах вести разговор чувствовалось хорошее воспитание. Уверенно, с большим достоинством он держался на трибуне, речь была неторопливой, он очень четко выговаривал слова, обладал тенором с бархатистым оттенком. Когда он выступал, в зале устанавливалась тишина. После выступления ученого слушатели еще некоторое время находились под влиянием только что произнесенной речи, и, как правило, не воспринимали следующего докладчика. Тексты его научных работ отличались сочным, ярким языком, чувствовался широкий кругозор крупного биолога. При описании им сортов сразу становилось ясно, что каждый из них обладает своеобразными особенностями, от которых зависит его дальнейшая судьба. Только в наше время стало известно — “судьба” сорта, т.е. ареал его распространения, продолжительность существования в качестве средства производства, определяется прочностью связей между генами. Большая надежность Северного синапа, которая позволила ему стать основой получения массового урожая в яблоневых насаждениях, заключается в прочности его внутренних микроскопических структур.

В 1975 г., будучи на курсах по генетике растений в МГУ имени М.В. Ломоносова, Г.Я. Щербенев был приглашен в гости к профессору*. С.И. Исаеву шел 74 год, т.е. он находился в таком возрасте, когда для многих начинается “грустная пора”, но уныния ни на лице, ни в глазах я не заметил, он был бодр, имел здоровый вид, очень легко передвигался по комнате, а лицо излучало радость. Именно в этом возрасте он написал одну из своих наиболее ценных работ, в которой сделал попытку философского осмысления селекционного искусства. В тексте

научного изыскания нашлось место и для поэзии. Оно еще примечательно тем, что на титульном листе не упоминается о его почетном звании лауреата Сталинской премии, а в более поздних работах и о звании заслуженного деятеля науки РСФСР. Очевидно, достигнув этого периода жизни, ученый произвел переоценку своих заслуг — переменил к ним отношение, отдав предпочтение созданным им образцам жизни и написанным книгам. Мне кажется, именно творчество не позволило ему в полной мере испытать тяжесть XX в., прожить сравнительно долгую жизнь и оставить богатое наследие. Он поднял селекционное искусство на более высокий теоретический уровень, увидел в нем способ формирования культурной растительной оболочки планеты. В этом возрасте продолжал работать в должности заведующего лабораторией биологии, генетики и селекции садовых растений Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

Моя встреча с Сергеем Ивановичем происходила в его кабинете. Из обстановки запомнился массивный дубовый стол. На его поверхности были разложены книги, бумага и письменные принадлежности. Предметы, расположенные в кабинете, копировали хозяина. Во всем чувствовался порядок и продуманность их нахождения. По периметру кабинетного пространства стояли пять двухстворчатых шкафов, через стекла их дверей просматривались переплеты книжных томов. В первую очередь он познакомил меня с их содержанием, показав несколько редких экземпляров. При общении я почувствовал магическую силу его нравственного совершенства, доброту и высокую энергию мышления. Несмотря на разницу в возрасте, мы нашли много тем для обсуждения. При встрече с обладателем сильного мышления я, как правило, оказывался под его влиянием, вернее, становился его пленником. И на этот раз произошло именно так — я оказался в плену обаяния этого Ученого.

Из тех вопросов, что я задал профессору, был и такой: “Почему он уехал из Мичуринска”? Он, как умный, деликатный человек, не стал называть причину, по которой покинул наш город. Ответ на него был кратким: “В Мичуринск я мог бы вернуться всегда”. До сих пор ищу ответ на тот вопрос, что задал Сергею Ивановичу. Мне кажется, я нашел на него ответ. Этой магической силой, которая заставила не только его приехать на работу в Мичуринск, был Иван Владимирович Мичурин. Его идея преобразования, вернее, насыщения растительной оболочки планеты новыми образцами жизни завораживала многих, и люди с высоким уровнем энергетического поля стремились в наш город, чтобы увидеть этого человека, который всему человечеству заявил о начале эпохи преобразования окружающего мира. И до тех пор, пока в нем жил этот революционер-созидатель, люди в город шли пешком,

* Рассказ ведется от имени Г.Я. Щербенева.

ехали из-за рубежа, на любых условиях желали, как и он, создавать новые формы жизни. Сюда приехал С.Ф. Черненко, здесь работали крупные селекционеры А.Н. Веняминов, Х.К. Еникеев и др. Его сорта-шедевры Пеппин шафранный, Бельфлер-китайка, Бессемянка мичуринская, Бере зимняя Мичурина демонстрировали возможности окрестностей города. Живой образец заставлял мириться с бытовыми неурядицами провинциального города. После того как этот “светильник” погас, многие из них, следуя примеру “умной шуки”, отыскивали для жизни другие социальные и интеллектуальные ниши и закреплялись в них.

Сергей Иванович предвидел ситуацию, возникающую на планете в наше время. Желание челове-

ского общества идти по пути “преобразования” природы приведет к созданию культурной растительной оболочки планеты — она станет неотъемлемой частью земной цивилизации, а селекция будет в большей мере формировать окружающий мир человека. Но привычные селекционные методы не будут отвечать требованиям времени, потребуется разработка более эффективных. Именно в отделе, организованном С.И. Исаевым, продолжен поиск новых приемов отбора, используя которые можно отбраковывать генотипы, не способные к реализации своего потенциала продуктивности при возникновении в среде его обитания неблагоприятных факторов еще на стадии семян.

**ПАМЯТИ ЗАМЕЧАТЕЛЬНОГО ЧЕЛОВЕКА
ПЕТРА ВЛАДИМИРОВИЧА МАТЁКИНА —
ЛЕГЕНДАРНОГО СТАРЕЙШЕГО ПРОФЕССОРА МГУ
(6.04.1917—6.05.2010)**

Год назад ушел из жизни Петр Владимирович Матёкин — старейший российский зоолог, заслуженный профессор Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова, проработавший в нем 65 лет. Эта цифра кажется нереальной для обычного человека, но Петр Владимирович и не был таковым. Патриарх российской биологии, зоолог, малаколог, эколог, биогеограф, преподаватель с полувековым стажем, о котором студенты слагали легенды [<http://msu-legends.livejournal.com/9930.html>; <http://zhivoi.livejournal.com/74856.html> и др.], эзотерик, поэт, ветеран, прошедший через всю Великую Отечественную войну в составе действующей армии, кавалер боевых орденов и многих других наград.

В апреле 2010 г. Петру Владимировичу исполнилось 93 года, он был полон энергии, планов и устремлений, но подвело сердце, уставшее за необычно долгую, насыщенную событиями и работой жизнь. Жизнь, прожитую ярко и достойно, позитивно повлиявшую на жизни множества других людей — друзей, коллег, учеников, учеников его учеников, взращенных им несколькими поколениями студентов, многие из которых тоже стали учеными-биологами — кандидатами наук, докторами, академиками.

Петр Владимирович родился в 1917 г., участвовал в становлении и всех основных событиях советской, а затем и российской биологии. Был учеником великих Кольцова и Зенкевича, сторонником Николая Вавилова, которого знал лично, и непримиримым противником апологетов лженауки — Лысенко и Презента. Петр Владимирович Матёкин — яркий представитель того бурного неоднозначного времени, донесший его энергию до наших дней. И потому не будет преувеличением сказать, что с ним ушла целая эпоха отечественной биологии от послевоенного времени до наших дней.

Свой путь в науке Петр Владимирович начал в сентябре 1945 г., сразу после демобилизации вернувшись на биофак МГУ, где в дальнейшем прошел путь от старшего лаборанта до доктора биологических наук (1961 г.), профессора (1967 г.), в разное время заведующего кафедрами дарвинизма, общей экологии и гидробиологии (1984—1986 гг.), кафедрой зоологии беспозвоночных (1986—2000 гг.). В сферу его интересов входили систематика, экология, эволюция беспозвоночных на примере моллюсков и ракообразных, генетика популяций наземных и водных беспозвоночных, история биологии. Для студентов биофака Петр Владимирович разработал лекционные курсы по общей экологии, популяционной структуре видов, экологической физиологии беспозвоночных, зоологии беспозвоночных, сравнительной

анатомии беспозвоночных, паразитологии и малакологии. В последние годы профессор Матёкин также читал лекции на кафедре биогеографии географического факультета МГУ.

Кроме работы со студентами Петр Владимирович подготовил 15 кандидатов и 3 доктора наук, опубликовал более 150 научных работ и учебников, принимал активное участие в работе ученых советов Института эволюционной морфологии им. А.Н. Северцова РАН (1983 г.), Института истории естествознания и техники РАН и биологического факультета МГУ. Это был учитель в лучшем смысле слова, с постоянной потребностью кого-то опекать, кому-то помогать, содействовать.

Дважды за годы работы в МГУ Петр Владимирович занимал пост директора Беломорской биостанции МГУ: с 1946 по 1951 г. и второй раз уже в возрасте 75 лет с 1992 по 1995 г. Это были самые тяжелые для страны и безденежные для МГУ периоды — послевоенные годы и “лихие девяностые”. Возглавить и сохранить биостанцию в тех условиях мог только такой человек — энергичный, предприимчивый, оптимистичный и всегда готовый подставить свое плечо. Много сил тогда было отдано организации и развитию биостанции, которая, по словам самого Петра Владимировича, стала “жемчужиной в короне Московского госуниверситета”.

Думается, что все, хоть немного знавшие Петра Владимировича, согласятся с тем, что масштаб этой личности вполне соизмерим с породившей его эпохой. Это была натура самобытная и в некоторых моментах внешне противоречивая. Человек, что называется, “крепко сшитый” и “ладно скроенный”, очень материалистичный и “жадный до жизни” и при этом тонко чувствующий и временами даже наивный и романтический, несмотря на долгую и совсем нелегкую жизнь сохранивший чистоту восприятия. Гибкий ум, невероятная сила духа и оптимизм позволяли ему с честью выходить из труднейших жизненных ситуаций не только военного времени, но и “мирной” советской действительности.

Петр Владимирович — личность неординарная и загадочная, склонная к экстравагантным поступкам, уже увековечена в студенческом фольклоре, мифах и легендах МГУ [<http://msu-legends.livejournal.com/9930.html>; <http://zhivoi.livejournal.com/181964.html>; <http://msu-egends.livejournal.com/10970.html#cutid1>]. И в самом деле, немало слухов ходило о профессоре Матёкине, и мнения о нем у разных людей бывали порой противоположны. Одна из причин — неприятие фальши, привычка высказываться прямо и отстаивать свою точку зрения.

Петр Владимирович Матёкин до последнего года жизни был энтузиастом полевых исследований. Он много путешествовал по Средней Азии, Сибири, Алтаю, Дальнему Востоку; побывал в высокогорьях, в зоне ледников, в пустынях, в пещерах Кавказа. Одной из экзотических страниц его научной биографии была работа по специальному приглашению во Вьетнаме в начале 1960-х гг. За исследования и преподавательскую деятельность в Ханойском университете ДРВ в 1963 г. правительство республики наградило Петра Владимировича Орденом Труда I степени.

Несколько раз Петр Владимирович бывал на Байкале, где у него, как во многих других местах России и бывшего СССР, были ученики. В Иркутске, например, это кандидат биологических наук Т.А. Дзубан, успешно защитившая в МГУ диссертацию под руководством профессора Матёкина. Каждое появление Петра Владимировича на Байкале было ярким событием, заряжавшим встречавшихся с ним людей оптимизмом и жадой знаний. Так, первый его приезд в начале 80-х гг. прошлого столетия привнес новую струю в изучение байкальских брюхоногих моллюсков и инициировал исследования с использованием белкового и изоферментного электрофореза, пионерного по тем временам, едва появившегося в СССР метода. Одним из результатов этих исследований было описание нового для науки вида байкальских эндемичных моллюсков из рода *Venedictia*, выявленного именно благодаря данному методу. А во время своего последнего визита на Байкал в начале 2000-х в ходе обязательного для каждого посещения сбора наземных улиток Петр Владимирович сразил всех необычной для столь преклонного возраста быстротой передвижения по прибайкальским сопкам.

На Дальнем Востоке Петр Владимирович бывал неоднократно в разных местах. Последний из таких приездов — июль 2006 г., г. Владивосток, куда он заехал по пути после экспедиции на Камчатку. К этому времени Петру Владимировичу было уже под 90, но он оставался очень энергичным, несмотря на 30-градусную жару при почти 100%-й влажности. Биологи Дальневосточного отделения РАН увидели человека яркого, эрудированного, чрезвычайно легкого на подъем, неравнодушного ко всему происходящему, временами ироничного, но в то же время очень доброжелательного и искреннего во всем, в том числе и в своих заблуждениях и причудах, коих бывает предостаточно у людей увлекающихся. Петр Владимирович побывал в практически одиночном маршруте в таком мало приспособленном для прогулок месте, как суровая Камчатка. На юг дальневосточного региона во Владивосток он также заезжал, чтобы собрать для исследований наземных моллюсков семейства *Bradybaenidae* — объект живейшего интереса профессора на протяжении многих лет. Нужные улитки были найдены на п-ове Муравьева-Амурского с помощью бывшего сту-

дента профессора Матёкина, а ныне директора Института биологии моря ДВО РАН академика РАН А.В. Адрианова, организовавшего встречу учителя и поездку в лес. У Петра Владимировича была своя оригинальная теория относительно таксономии и филогении улиток-брадибенид. Он давно коллекционировал материал из самых разных мест и собрал его вполне репрезентативно, но организовать молекулярно-генетическое исследование так и не успел. Поэтому прояснить этот вопрос смогут уже только его последователи и ученики.

Отдельная страница насыщенной биографии Петра Владимировича Матёкина — его участие в Великой Отечественной войне, которую он прошел в действующих войсках до самого конца, приняв участие в штурме Берлина. К сожалению, Петр Владимирович не писал мемуаров, поэтому авторы не претендуют на библиографическую точность приведенных ниже событий военного периода. Эти события изложены по содержанию бесед в гостях у Л.А. Прозоровой во Владивостоке и Москве с В.А. Терновенко, разделявшим с Петром Владимировичем интерес к неформальной истории Второй мировой войны.

В июне 1941 г. перед самым началом войны Петр Владимирович Матёкин закончил географический факультет МГУ. Еще будучи студентом, он также интересовался биологией и, параллельно с географическим, получил на факультете общественных профессий медицинское образование с правом работы фельдшером. В это время началась Великая Отечественная война, и Петр Владимирович почти сразу после вручения университетского диплома был призван в армию. Поскольку на военной кафедре МГУ в рамках высшей вневойсковой подготовки он получил специальность авиационного штурмана и звание младшего лейтенанта, то был направлен в авиационные войска. После краткого обучения в военном авиационном училище в Вольске молодой лейтенант попадает в тяжелую бомбардировочную авиацию штурманом на самолет ТБ-3. Эти бомбардировщики зачастую летали без прикрытия истребителей и потому были весьма уязвимы для немцев. Вот и самолет Петра Владимировича в мае 1942 г. сбил немецкий истребитель-разведчик при подлете к подмосковному аэродрому. На бомбардировщике, возвращающемся с боевого задания, уже не было ни бомб, ни горючего, что помогло пилоту кое-как посадить горящий самолет рядом с аэродромом. Однако при этом Петр Владимирович получил тяжелую черепно-мозговую травму, после которой полгода был лишен слуха и зрения. Госпитальные хирурги ничего не могли сделать. Но Петр Владимирович не терял присутствия духа, и его надежды на лучший исход оправдались. Случайно заехавший в госпиталь профессор медицины — специалист в области нейрохирургии — сразу же определил причину плачевного состояния молодого штурмана и нашел простой, но эффективный способ быстро исправить ситуацию. Дело было во вмятине костей черепа, да-

вивших на кору головного мозга. После несложных манипуляций местных хирургов зрение и слух быстро вернулись. Уже через полгода Петр Владимирович предстал перед медицинской комиссией, члены которой на основе документов признали его непригодным не только к службе в авиации, но и собирались комиссовать. Казалось бы, война для выздоравливающего Петра Владимировича закончилась. Но он так не думал. Ведь был еще диплом фельдшера, увидев который, изумленные члены комиссии вместо “белого билета” выдали разностороннему молодому человеку назначение старшего военврача, начальника медицинской службы стрелкового полка 68-й Армии Северо-Кавказского фронта. Насколько впечатлены были члены комиссии, можно судить по тому, что эту должность получил человек беспартийный, который никогда не был не только коммунистом, но и комсомольцем.

Начинался 1943 год. Сталинградская битва заканчивалась, и немцы выводили свои войска с Кавказа, чтобы избежать окружения и разгрома. Шли тяжелые бои местного значения. После одного из таких боев капитан медицинской службы Петр Владимирович Матёкин попал в плен, правда, всего на сутки. Никто из товарищей по несчастью не выдал его звания, а захваченный фашистами населенный пункт был отбит уже на следующий день и все пленные освобождены. “Особист” по дружбе нарушил инструкцию и не сообщил “куда следует” об этом инциденте, и Петр Владимирович тут же вернулся к своим обязанностям военврача.

В марте 1943 г., во время отражения полком танковой атаки на плавнях Кубани Петр Владимирович был повторно тяжело ранен и вновь надолго попал в госпиталь. После выздоровления он получил назначение на должность начальника медслужбы, но

уже в другую воинскую часть, на знаменитые “Катюши” — в гвардейскую бригаду 1-й дивизии реактивной артиллерии прорыва РГК. В составе этой бригады капитан Матёкин участвовал во взятии Выборга на Ленинградском фронте, а на 1-м Украинском фронте — в освобождении Праги, городов Польши, и, наконец, во взятии Берлина.

Сколько жизней было спасено за время войны с его участием, Петр Владимирович не считал, и про подвиги свои не рассказывал, но косвенно об этом свидетельствуют многочисленные военные награды. Кроме боевых медалей “За освобождение Северного Кавказа”, “За взятие Берлина”, “За освобождение Праги”, “За победу над Германией в Великой Отечественной войне 1941—1945 гг.” среди них два ордена Отечественной войны I степени и орден Красной Звезды, бывший во время Великой Отечественной войны высшей солдатской наградой, которую можно было заслужить лишь собственной кровью, личной доблестью и бесстрашием.

Эти черты характера Петра Владимировича проявлялись и в мирной жизни. При всей своей доброжелательности и душевной широте он всегда оставался принципиальным человеком, непримиримым борцом против хамства, готовым защитить не только свою, но и чужую честь.

Долгая и яркая почти вековая жизнь Петра Владимировича Матёкина, вместившая целую эпоху российской науки, на протяжении последних 65 лет была заполнена служением МГУ. Это совершенно исключительный случай счастливого сочетания таланта ученого и педагога с драгоценными качествами цельной, самобытной и сильной личности, уже при жизни ставшей частью истории и мифологии Московского государственного университета.

Л.А. Прозорова, В.А. Терновенко, Т.Я. Ситникова

**Указатель статей, опубликованных
в журнале “Вестник Московского университета.
Серия 16. “Биология” в 2011 году**

№ Стр.

Генетика

Кавай-оол У.Н., Ежова Т.А. Влияние гена <i>ABRUPTUS/PINOID</i> на проявление гомеозисных мутаций <i>apetala 3-1</i> и <i>pistillata-1</i> у <i>Arabidopsis thaliana</i> (L.) Heynh.	3	13
Курбидова А.С., Новокрещёнова М.Г. Соматическая изменчивость трансгенных растений <i>Nicotiana tabacum</i>	3	8
Семёнова А.В., Пономарёв С.А. Временная изменчивость генетических характеристик кумжи <i>Salmo trutta</i> L. ручья Воробьева (Белое море) на основании анализа аллозимов. . .	4	13

Ломоносов-2010

Вдовитченко М.Ю., Кузовкина И.Н. “Искусственные семена” как способ получения экологически чистого лекарственного сырья и сохранения исчезающих видов растений . . .	2	4
Вислобоков Н.А. Морфогенез цветка у раздельнолепестных и спайнолепестных представителей семейства Ericaceae s.l. (Ericales)	2	7
Воробьевская Е.А., Балдина С.Н. Исследование молекулярной филогеографии волка (<i>Canis lupus</i> L.) Алтая методом микросателлитных маркеров	2	10
Калинцева Я.И., Потанина А.В., Пимашкин А.С., Захаров Ю.Н., Мухина И.В., Казанцев В.Б., Семьянов А.В. Спонтанная и вызванная глутаматом кальциевая астроцитарная активность в переживающих срезах гиппокампа крыс.	2	13
Коваль А.П., Крамеров Д.А. Последовательности ДНК, расположенные перед геном 4,5 SH РНК, могут оказывать влияние на его транскрипцию РНК-полимеразой III in vitro и в живой клетке	2	16
Корнейчик Т.В., Капич А.Н. Проокислительная активность грибов <i>Bjerkandera adusta</i> BIMF-260 и <i>Pleurotus ostreatus</i> BIMF-247 при твердофазном культивировании	2	19
Кочетова Г.В., Соколов Д.Д., Темерева Е.Н. Работы лучших молодых биологов — победителей Международной научной конференции “Ломоносов-2010”	2	3
Локк К.Э. Антропологические типы населения России по произведениям портретной живописи середины XVIII — начала XIX в.	2	22
Островецкая Т.В., Чертова Р.В., Некрасов А.Н., Долгих Д.А., Кирпичников М.П. Моделирование мутантных вариантов цитохрома с лошади методом анализа информационной структуры и исследование их биологической активности	2	25
Семенюк И.И., Тиунов А.В. Дифференциация трофических ниш в сообществах диплопод лесов умеренной и тропической зон	2	29
Солопёкин Н.В. Оценка полиморфизма генов биотрансформации алкоголя <i>ADH1B</i> , <i>ALDH2</i> и <i>CYP2E1</i> в популяциях коренного и пришлого населения Сибири	2	32
Сухинич К.К., Подгорный О.В. Закономерности развития клеточных и тканевых нейротрансплантатов	2	35
Тарасова М.В., Кузнецов В.В., Нетесова Н.А., Гончар Д.А., Дегтярев С.Х. Клонирование и анализ биохимических и кинетических свойств ДНК-метилтрансферазы M1.BspACI . .	2	38
Яруллина Д.Р., Смоленцева О.А., Ильинская О.Н. Модуляция биосинтеза оксида азота (NO) у лактобацилл.	2	41

Микология и альгология

Новосёлова Д.Н., Камзолкина О.В. Культивирование <i>Pleurotus ostreatus</i> (Jacq.) P. Kumm. совместно с дрожжами.	3	25
Прохоров В.П., Линник М.А. Морфолого-культуральные и биодеструктивные характеристики видов рода <i>Chaetomium</i>	3	17
Тамбиев А.Х., Лукьянов А.А. Реакционная способность нативных экзометаболических, выделяемых в среду микроорганизмами, как критерий совместимости при подборе смешанных культур и искусственных ассоциаций	1	32
Тамбиев А.Х., Васильева С.Г., Лукьянов А.А. Проявление солетолерантности цианобактерий рода <i>Arthrospira</i> (<i>Spirulina</i>) — <i>Spirulina platensis</i> и <i>Spirulina maxima</i>	4	17

Молекулярная филогенетика

Шевцов А.Б., Кушугулова А.Р., Кожухметов С.С., Оралбаева С.С., Стоянова Л.Г., Сейдали-на А.Б., Момыналиев К.Т. Идентификация бактерий рода <i>Lactobacillus</i> на основе ана-лиза фрагмента гена бета-субъединицы РНК-полимеразы <i>groB</i>	1	26
---	---	----

Фауна, флора

Клёнова А.В., Зубакин В.А., Зубакина Е.В. Проявление индивидуальных особенностей в три-умфальных криках высокосоциальной большой конюги (<i>Aethia cristatella</i>)	3	38
Мазина С.Е., Максимов В.Н. Сообщества фотосинтезирующих организмов экскурсионной пещеры Ахштырская.	1	41
Путятина Т.С. Влияние рекреационной нагрузки на сообщества муравьев открытых био-ценозов Москвы	1	47

Физиология

Копылова Г.Н., Бондаренко Н.С., Умарова Б.А., Самонина Г.Е., Гусева А.А., Платонова Р.Д. Защитное действие пептида пролил-глицил-пролина (PGP) при анафилактической реак-ции у мышей, вызванной веществом 48/80	4	9
Кузнецов В.С., Крушинский А.Л., Реутов В.П. Влияние нитрата натрия на развитие невро-логического дефицита у крыс при неполной глобальной ишемии мозга	1	3
Логинова Н.А., Тушмалова Н.А., Баскова И.П., Воеводина Е.Б., Мац В.Н., Пасикова Н.В. Анализ влияния биологически активного соединения природного происхождения Пи-явит® на условно-рефлекторную память, нейроно-глиальные соотношения гиппокампа и неокортекса мозга крыс	4	3
Сарапульцева Е.И., Тушмалова Н.А. Двигательная активность простейших: место в иерар-хии критериев биотестирования окружающей среды	3	3

Физиология микроорганизмов

Асланян Р.Р., Лобакова Е.С., Королева С.Ю., Бабусенко Е.С., Даллакян Г.А. Дихроичные от-ношения как характеристика функционального состояния системы	1	21
Барский Е.Л., Шандиева И.О., Саванина Я.В., [Лебедева А.Ф.], Фаттахов С.Г., Лобакова Е.С. Эффект мелафена на развитие культур цианобактерий и зеленых микроводорослей в стрессовых условиях	1	15
Бухарин О.В. Симбиоз — биологическая основа инфекции	1	7

Экология

Ивановский А.А. Ассамблеи макрозообентоса в родниках Пензенской области	4	26
Ильяш Л.В., Запара Е.В., Белевич Т.А. Структура сообщества планктонных водорослей Бе-лого моря в зависимости от обеспеченности азотом в окисленной или восстановлен-ной формах и уровня освещенности	3	29
Капков В.И., Беленикина О.А., Федоров В.Д. Влияние тяжелых металлов на морской фито-планктон.	1	36
Кочетова О.С., Семёнов В.Б., Зотов В.А., Шигель Д.С. Мониторинг мицетобионтных жест-кокрылых насекомых с помощью ловушки Кайла.	4	22

Даты

Егоров Н.С. В.Н. Шапошников — основатель отечественной промышленной микробиологии и создатель научной школы микробиологов (к 125-летию со дня рождения и 85-летию со дня организации кафедры микробиологии МГУ имени М.В. Ломоносова)	1	52
Колотилова Н.Н. Е.Е. Успенский — основатель кафедры микробиологии Московского уни-верситета.	1	58
Колотилова Н.Н., Нетрусов А.И. Всероссийский симпозиум с международным участием “Авто-трофные микроорганизмы” (Московский государственный университет имени М.В. Ло-моносова, биологический факультет, 23—26 декабря 2010 г.)	4	31
Колотилова Н.Н., Нетрусов А.И. Всероссийский симпозиум с международным участием “Биологически активные вещества микроорганизмов: прошлое, настоящее, будущее” (Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, биологический факультет, 27—29 января 2011 г.)	4	33

<i>Кулаев И.С.</i> Московский университет в дни войны (эвакуация 1941—1943 гг.)	2	44
<i>Новиков В.С., Раппопорт А.В., Ефимов С.В.</i> Основной территории Ботанического сада биологического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова на Воробьевых горах — 60 лет	2	54
<i>Прозорова Л.А., Терновенко В.А., Ситникова Т.Я.</i> Памяти замечательного человека Петра Владимировича Матёкина — легендарного старейшего профессора МГУ (6.04.1917—6.05.2010).	4	39
<i>Чтецов В.П., Негашева М.А.</i> История и перспективы развития кафедры антропологии в связи с 90-летним юбилеем	2	47
<i>Шербенев Г.Я., Соловченко А.Е.</i> К 110-летию С.И. Исаева и 80-летию ВНИИС им. И.В. Мичурина. С.И. Исаев — селекционер-глобалист	4	35

Требования для предоставляемых статей

Статьи, направляемые в журнал “Вестник Московского университета. Серия 16. Биология”, должны удовлетворять следующим требованиям.

1. Структура статьи должна включать краткое введение с ясным изложением состояния проблемы, описание объектов и методов, изложение и обсуждение результатов, выводы. Главное требование к описанию основной части публикуемого исследования — возможность воспроизведения полученных результатов другими специалистами. Следует избегать повторов. В частности, не допускается включение между введением и основным текстом перечисления полученных результатов, которые будут приведены ниже. Выводы должны быть действительно выводами, а не текстуальным перечислением по пунктам уже описанных результатов.

2. Статьи предоставляются в электронной форме в формате MS WORD, а также распечатанные через **два интервала** на листах формата А4 (верхнее и левое поля не менее 3 см). Объем статьи не должен превышать 10 страниц текста с размером шрифта Times New Roman 12 кегль. В левом верхнем углу первой страницы рукописи следует указать **рубрику**, ниже — индекс УДК, соответствующий содержанию статьи. В следующих строках приводятся: название работы, авторы с инициалами перед фамилиями, наименование подразделения биологического факультета (кафедра, лаборатория), e-mail первого автора, русское резюме с ключевыми словами (3—5). Все страницы рукописи с вложенными таблицами должны быть пронумерованы. После списка литературы прилагается резюме статьи на английском языке (не более 8 строк каждое) с указанием названия статьи и фамилий авторов (инициалы перед фамилией), а также ключевых слов (3—5). Текст резюме должен содержать основные результаты без декларативных утверждений и упоминания значимости проблемы.

3. После текста английского резюме обязательно указываются сведения об авторах: фамилия, имя и отчество (полностью), научная степень, должность, место работы, телефон (с кодом), e-mail.

4. Число таблиц не должно превышать 3—4, рисунков 3—4. Не допускается представление одних и тех же материалов в табличной и графической формах.

5. Графические иллюстрации и фотографии предоставляются в электронном виде на **отдельном диске в формате tiff** соответственно на электронном носителе формата CD (пиксельное разрешение фотографий должно обеспечивать ясность всех деталей). Рисунки (каждый) и подписи к рисункам и фотографиям предоставляются на отдельных листах **в 2 экз.**

6. В тексте ссылка на список литературы оформляется в **квадратных скобках (в порядке перечисления в тексте)** с указанием номера источника. Если осуществляется ссылка на несколько источников, то они перечисляются в порядке возрастания номеров через запятую, *например*: [3, 5, 8], если номера идут подряд, то через тире [1—5].

7. Цитируемая литература приводится в пронумерованном (не по алфавиту, а в порядке перечисления в тексте) списке в конце статьи.

Источники в списке литературы оформляются следующим образом:

Книга: Автор (инициалы после фамилии). Название. Город: Издательство, год. Общее количество страниц (например: 336 с.).

Статья в сборнике: Автор. Название статьи // Название сборника / Под ред. А.Б. Иванова. Город: Издательство (без кавычек), год. С. 5—7.

Статья в журнале: Автор. Название статьи // Журнал (возможно принятое сокращенное название). Год. Том (Т. (рус.) или Vol. (англ.)). Номер (выпуск). С. 15—20.

Автореферат (канд., докт): Автор. Название: (двоеточие) Автореф. дис. ... канд. (докт.) биол. наук. М. (город), год. 54 с.

Электронный ресурс: *например:* Официальный сайт ЮНЕСКО (URL: <http://www.unesco.org> 27.10.2009) (дата последнего посещения).

Ссылки на неопубликованные или находящиеся в печати работы не допускаются.

8. После списка литературы авторы делают подпись “Поступила в редакцию...” с указанием даты сдачи рукописи в редколлегию. Все страницы соединять только скрепками.

9. Все размерности физических величин должны даваться в соответствии с Международной системой единиц (СИ).

10. При наличии в тексте русских названий представителей различных царств живых организмов в скобках обязательно должны быть указаны соответствующие латинские названия (род, вид).

11. Плата с аспирантов за публикацию рукописей не взимается.

12. Подробнее с оформлением текста статей и списка литературы можно ознакомиться на веб-сайте: <http://git.bio.msu.ru/vestnik.html>

УЧРЕДИТЕЛИ:

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова;
биологический факультет МГУ

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР Михаил Петрович КИРПИЧНИКОВ — акад. РАН, докт. биол. наук, проф., декан биологического факультета МГУ

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

ГОЛИЧЕНКОВ Владимир Александрович — докт. биол. наук, проф., зав. каф. эмбриологии (зам. главного редактора)
ХОХЛОВ Александр Николаевич — докт. биол. наук, зав. сектором эволюционной цитогеронтологии (зам. главного редактора)
САВАНИНА Янина Вячеславовна — канд. биол. наук, ст. науч. сотр. каф. биоинженерии (ответственный секретарь)
АТАБЕКОВ Иосиф Григорьевич — акад. РАН, докт. биол. наук, проф., зав. каф. вирусологии
ВАСИЛЬЕВ Борис Дмитриевич — докт. биол. наук, проф. каф. зоологии позвоночных
ГУСЕВ Николай Борисович — докт. биол. наук, проф., зав. каф. биохимии
ДЬЯКОВ Юрий Таричанович — докт. биол. наук, проф., зав. каф. микологии и альгологии
ЖАНТИЕВ Рустем Девлетович — докт. биол. наук, проф., зав. каф. энтомологии
КУЛАЕВ Игорь Степанович — чл.-корр. РАН, докт. биол. наук, проф. каф. молекулярной биологии
МУРАШЁВ Владимир Владимирович — канд. биол. наук, зав. лаб. биологии развития растений
ПАВЛОВ Дмитрий Сергеевич — акад. РАН, докт. биол. наук, проф., зав. каф. ихтиологии
РУБИН Андрей Борисович — чл.-корр. РАН, докт. биол. наук, проф., зав. каф. биофизики
СКУЛАЧЁВ Владимир Петрович — акад. РАН, докт. биол. наук, проф., директор Института физико-химической биологии МГУ
ТИМОНИН Александр Константинович — докт. биол. наук, зав. каф. ботаники
ШЕСТАКОВ Сергей Васильевич — акад. РАН, докт. биол. наук, проф. каф. генетики
ШУЛЬГОВСКИЙ Валерий Викторович — докт. биол. наук, проф., зав. каф. высшей нервной деятельности

Редактор **М.Ю. БУЯНОВА**
Технический редактор **Н.И. Матюшина**
Корректор **И.В. Бабаева**

Журнал зарегистрирован в Министерстве печати и информации РФ.
Свидетельство о регистрации № 1561 от 14 февраля 1991 г.

Адрес редакции:

119992, Россия, ГСП-2, Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 12,
биологический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова.
Тел. (495)939-41-69; e-mail: gene_b@mail.ru
веб-сайт: <http://git.bio.msu.ru/vesmik.html>

Сдано в набор 30.06.2011. Подписано в печать 05.10.2011.
Формат 60×90^{1/8}. Бумага офс. № 1. Гарнитура Таймс. Офсетная печать.
Усл. печ. л. 5,5. Уч.-изд. л. 5,52. Тираж экз. Заказ № . Изд. № 9242

Ордена “Знак Почета” Издательство Московского университета.
125009, Москва, ул. Б. Никитская, 5/7. Тел. (495)697-31-28
Типография МГУ.
119991, ГСП-1, Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 15

ISSN 0201—7385
ISSN 0137—0952

ИНДЕКС 71016 (каталог “Роспечать”)
ИНДЕКС 39360 (каталог “Пресса России”)

ISSN 0201—7385. ISSN 0137—0952
ВЕСТН. МОСК. УН-ТА. СЕР. 16. БИОЛОГИЯ. 2011. № 4. 1—44.