

ПРИРОДА

8 18



В НОМЕРЕ:**3 А.Н.Суворов****О нас и наших онколитических бактериях**

Довольно давно известно, что инфекции, вызванные патогенными бактериями, могут в некоторых случаях останавливать рост злокачественных новообразований. Однако бактериальная терапия рака сложна и трудно предсказуема. Модификация патогенов (в частности, стрептококков группы А) методами генетической инженерии позволяет усилить противоопухолевые (онколитические) свойства бактерий, при этом сделать их безопасными.

10 А.С.Хрущева, Н.В.Дорогова, С.А.Фёдорова**Белковая ловушка: как зеленые химеры «ловят» гены**

Белковая ловушка — удобный инструмент для исследования генов, белков и их функций. В настоящее время созданы коллекции линий модельных организмов с различными ловушками, что позволяет использовать новые методы, не создавая дополнительных трансгенных животных и генетических конструкций.

18 Р.К.Расцветаева, С.М.Аксёнов**Возвращение на родину: сиудант — новый минерал из Хибинского массива**

Впервые сиудант обнаружил аспирант из Варшавского университета во время минералогической экскурсии в Хибин (Кольский п-ов). Польские ученые обратились к московским коллегам за помощью в исследовании найденного образца. И хотя минерал носит польское имя и хранится в Варшаве, история его происхождения и изучения неразрывно связана с Россией.

24 Д.Я.Фащук**Черное море: взлеты и падения отечественного рыболовства**

Историко-географический анализ отечественного рыболовства в Черном море показал, что к концу XX в. оно пришло в депрессивное состояние. Есть ли надежда, что былые рыбные запасы и объемы промысла здесь когда-либо восстановятся?

40 С.В.Васильев, Е.В.Веселовская, О.М.Григорьева, А.П.Пестряков, М.В.Хартанович**Завещание Н.Н.Миклухо-Маклая исполнено**

Знаменитый путешественник и исследователь Н.Н.Миклухо-Маклай завещал свой череп науке, но лишь спустя долгие десятилетия реликвия попала в хранилища Музея антропологии и этнографии имени Петра Великого (Кунсткамера) РАН. Только теперь удалось провести антропологическое изучение черепа ученого и выполнить два скульптурных портрета.

51 П.Ф.Свиистов, Е.С.Семенов, М.Т.Павлова**Атмосферные осадки: 60 лет регулярных наблюдений**

В 2018 г. исполняется 60 лет наблюдениям за химическим составом атмосферных осадков в нашей стране. Рассмотрим историю становления этих работ, вспомним о наиболее важных достижениях и основных результатах, полученных за истекший период.

58 А.М.Сагалевич**Значение визуальных наблюдений в глубоководных исследованиях океана**

В XX в. глубоководные обитаемые аппараты сыграли определяющую роль в поиске гидротермальных полей на дне Мирового океана. Во время погружений ученые описали не известные ранее геологические явления и виды животных, маркирующие гидротермальные проявления.

Научные сообщения**67 Л.Я.Кизильштейн****Бериллий в ископаемых углях: геохимия, ресурсы, экология****70 Ю.В.Плугатарь, Н.А.Багрикова, С.Ю.Костин, Е.С.Крайнюк, И.С.Саркина****Обитатели Южного берега Крыма К 45-летию природного заповедника «Мыс Мартьян»****Времена и люди****82 И.А.Стародубцева, И.Л.Сорока****А.П.Павлов о национальных парках: воспоминания и размышления****92 Новости науки**

Создан новый онлайн-ресурс для обмена данными о пациентах (92). Броненосцы Бразилии могут заразить лепрой (92). Животные переходят на ночной образ жизни, чтобы не встречаться с человеком (94).

95 Объявления

CONTENTS:

3 A.N.Suvorov

About Us and Our Oncolytic Bacteria

It is known that infections caused by pathogenic bacteria can, in some cases, stop the growth of cancer. However, bacterial cancer therapy is complex and difficult to predict. Modification of pathogens (in particular, group A streptococci) by methods of genetic engineering makes it possible to strengthen the antitumor (oncolytic) properties of bacteria and make them safe.

10 A.S.Khruscheva, N.V.Dorogova, S.A.Fedorova

Protein Trap: How do Green Chimeras «Catch» Genes

Protein trap is a convenient tool for studying genes, proteins, and their functions. Collections of lines of model organisms with various traps have been created. So, the new methods can be used without creating additional transgenic animals and genetic constructs.

18 R.K.Rastsvetaeva, S.M.Aksenov

Homecoming: Studaite – a New Mineral from the Khibiny Massif

A graduate student from the University of Warsaw discovered studaite for the first time during a mineralogical excursion to the Khibiny (Kola Peninsula). Polish scientists asked Moscow colleagues for help in the study of the found sample. Although the mineral has a Polish name and is stored in Warsaw, the history of its origin and study is inextricably linked with Russia.

24 D.Ya.Fashchuk

The Black Sea: Ups-and-Downs in Domestic Fishery

Historical and geographical analysis of domestic fisheries in the Black Sea showed that by the end of the 20th century, it has come to a depressive state. Is there any hope that the former fish stocks and the volume of fishing will recover here?

40 S.V.Vasiliev, E.V.Vesolovskaya, O.M.Grigorieva, A.P.Pestryakov, M.V.Khartanovich

Nikolas N.Miklouho-Maclay's Will Was Executed

The famous traveler and explorer N.N.Miklouho-Maclay bequeathed his skull to science, but only after many decades the relic fell into the repositories of Peter the Great Museum of Anthropology and Ethnography (the Kunstkamera) of the Russian Academy of Sciences. Only now it became possible to conduct anthropological studies of the skull of the scientist and perform two sculptural portraits.

51 P.F.Svistov, E.S.Semenets, M.T.Pavlova

Atmospheric Precipitation: 60 Years of Regular Observations

2018 marks 60 years of observations of the chemical composition of precipitation in our country. Let us consider the history of the formation of these works, recall the most important achievements and main results obtained over the past period.

58 A.M.Sagalevich

The Importance of Visual Observations in Deep Ocean Research

Deep submergence manned vehicles played a decisive role in the search for hydrothermal fields on the bottom of the World Ocean in the XX century. During the dives, scientists described previously unknown geological phenomena and animal species that label hydrothermal manifestations.

Scientific Communications

67 L.Ya.Kizilshtein

Beryllium in Fossil Coals: Geochemistry, Resources, and Ecology

70 Yu.V.Plugatar, N.A.Bagriкова, S.Yu.Kostin, E.S.Krainyuk, I.S.Sarkina

Inhabitants of the Southern Coast of Crimea

To the 45th Anniversary of Cape Martyan Reserve

Times and People

82 I.A.Starodubtseva, I.L.Soroka

Aleksey P.Pavlov about National Parks: Memories and Reflections

92

Science News

A New Online Resource for Sharing Patient Data has been Created (92). More Than Half of Brazil Armadillos Carry Leprosy (92). Animals Became Nocturnal to Avoid People (94).

95

Advertisements

О нас и наших онколитических бактериях

А.Н.Суворов^{1,2}

¹Научно-исследовательский институт экспериментальной медицины (Санкт-Петербург, Россия)

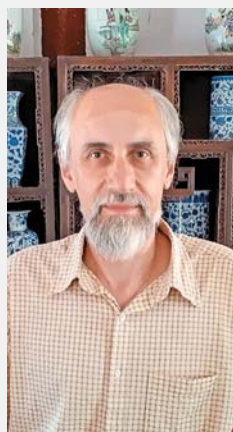
²Санкт-Петербургский государственный университет (Санкт-Петербург, Россия)

Известно, что практически все заболевания человека, включая онкологические, протекают с изменениями микробиоценоза. Однако роль микроорганизмов, в частности бактерий, в развитии рака пока непонятна. Достоверно показано, что инфекции, вызванные разными патогенами, могут в некоторых случаях приводить к остановке опухолевого роста. Наибольшее количество данных накоплено об использовании стрептококков группы А в качестве противоопухолевых бактерий, при этом модификация стрептококков методами генетической инженерии может усиливать противоопухолевые свойства. Предлагается гипотеза о роли условно-патогенных бактерий в элиминации клеток организма-хозяина, подвергнувшихся опухолевому перерождению.

Ключевые слова: рак, онколитические бактерии, *Streptococcus pyogenes*.

В «Повести временных лет» описывается история о приглашении ничем не примечательного викинга (иначе говоря, морского пирата и разбойника) Рюрика с командой в Новгород для наведения порядка. История вылилась в скором времени в основание Киевской Руси на огромной площади Восточной Европы, при этом работа великого князя довольно продолжительное время сводилась к полюдью, т.е. к объезду державы с целью сбора дани. Потом уже, когда князьям надоело это хлопотное и опасное (вспомним князя Игоря) занятие, была создана устойчивая государственная система с разделением обязанностей внутри элементов: налогообложение и контроль за обеспечением порядка на всех уровнях, начиная с региональных и заканчивая центральными. И во всех случаях, когда центральные механизмы контроля ослабевали, сразу включались местные механизмы. Достаточно вспомнить смутные времена в России XVII в., мафиозные кланы Италии или «лихие 90-е» XX в. на развалинах СССР. Все эти исторические события, конечно, совершенно не связанные между собой, отражают общую тенденцию многоуровневого использования элементов принуждения для поддержания целостности системы.

Если взглянуть на эти и многие другие исторические процессы с точки зрения биолога, то напрашивается аналогия: состояние нашего организма как единого государства контролируется



Александр Николаевич Суворов, член-корреспондент РАН, доктор медицинских наук, заведующий отделом молекулярной микробиологии НИИ экспериментальной медицины, профессор кафедры фундаментальных проблем медицины и медицинских технологий Санкт-Петербургского государственного университета. Занимается исследованием молекулярных механизмов патогенности бактерий, в частности факторов вирулентности стрептококков, конструированием новых вакцин, а также изучением свойств пробиотиков и механизмов, обеспечивающих их действие.
e-mail: alexander_suvorov1@hotmail.com

на разных уровнях, начиная от легитимной иммунной системы и заканчивая патогенными бактериями — своего рода разбойниками, берущимися за дело, когда порядка нет. О роли иммунной системы в защите организма человека от многочисленных заболеваний, в частности раковых, известно уже довольно много, а вот о бактериальном «надзоре» за его состоянием — совсем мало.

Кто друг, а кто враг?

Даже среди врачей, не говоря уже об обывателях, до сих пор распространены представления о бактериях, населяющих наш организм, как о чем-то потенциально опасном или во всяком случае малополезном. (Напомню, что это отразилось на массовом и зачастую необоснованном применении антибиотиков, которое уже поставило чело-

вещество на грань серьезнейшей социальной катастрофы*). Однако какой может быть биологический смысл в «убийстве» макроорганизма, который служит бактериям местом колонизации и источником питательных веществ? Рискуя надоесть читателю социобактериологическими баснями, все же замечу, что это дело не для всех, а скорее лишь для «отморозков», от которых во все лихие времена избавлялись даже сами преступники.

Чем же заняты в нашем организме разнообразные бактерии? Механистическое разделение бактерий на симбионтов и патогенов не улучшило понимание. Более того, к настоящему времени накопилось немало научных данных о не совсем понятном месте в системе взаимоотношения микро- и макромира даже патогенных организмов.

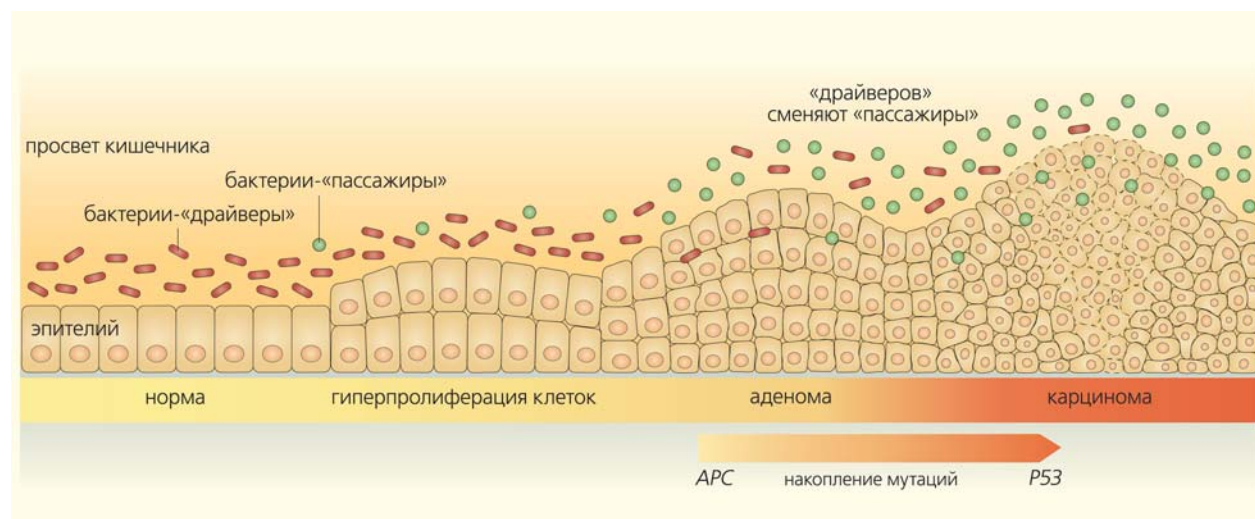
Современные знания о микромире (микробиоте) человека однозначно указывают на то, что каждый из нас обладает сложнейшим суперорганизмом, в который, помимо собственного тела, входит сообщество самых разных микроорганизмов — бактерий, архей, простейших и вирусов. В совокупности их генетический аппарат (микробиом**) существенно превосходит геном человека. Изучение микробиоты человека в последние

годы позволило пролить свет на многие функции микроорганизмов, жизненно необходимые для нашего существования. Это касается и обмена веществ, и работы всех органов и систем человека.

Микробиота как полноправный участник суперорганизма вовлечена и в негативные для человека процессы, в том числе опухолевое перерождение тканей. Это участие, конечно, неоднозначно и разнонаправленно. Наиболее хорошо изучена роль некоторых вирусов и бактерий в возникновении рака. Достаточно вспомнить о патологической роли вируса папилломы человека (*Human papillomavirus*) в возникновении рака шейки матки или устойчивой к кислоте бактерии *Helicobacter pylori* — рака желудка. Некоторые исследователи даже предлагают выделять онкогенные бактерии в две категории — «драйверов» и «пассажиров» [1]. Бактерии-«драйверы» вызывают воспаление, способствуют пролиферации клеток и/или вырабатывают вещества, вызывающие так называемые драйверные мутации, которые запускают злокачественный процесс. От вида бактерий-«пассажиров» зависит дальнейшее его развитие — прогрессирование опухоли может быть либо поддержано (патогенными бактериями), либо подавлено (пробиотическими «пассажирами»). Однако в научной литературе известны и другие примеры — когда на фоне развившейся бактериальной или вирусной инфекции происходило спонтанное излечение от рака.

* Подробнее см.: Суворов АН. Гонки с микробами: наши шансы // Природа. 2011. №5. С.13–24. — Примеч. ред.

** Подробнее см.: Суворов АН. Мир микробов и человек // Природа. 2015. №5. С.11–19. — Примеч. ред.



Бактериальная модель «драйверов—пассажиров» развития колоректального рака [1]. Слизистая оболочка толстой кишки пациентов, которые подвержены риску колоректального рака, колонизирована патогенными бактериями (например, рода *Bacteroides* или семейства *Enterobacteriaceae*), которые могут работать «драйверами» колоректального рака. Они могут вызвать воспаление, увеличить пролиферацию клеток и/или производство токсинов, которые способствуют накоплению мутаций, вызывающих перерождение аденомы в карциному: процесс начинается с мутаций в гене *APC* (аденома), заканчивается мутациями в *P53* (карцинома). Онкогенез сопровождается разрывами раковой ткани и кровотечением, что сказывается на составе микробиоты — постепенно «драйверов» сменяют «пассажиры» из условно-патогенных бактерий (например, *Fusobacterium* или *Streptococcus* spp.), пробиотических бактерий (например, из семейства *Coriobacteriaceae*) и др. В результате сдвигов микробной колонизации развитие опухоли может быть либо подавлено (пробиотическими «пассажирами»), либо усилено (патогенными бактериями).

Бактерии vs рак

На роль инфекций, препятствующих развитию онкологических процессов, медики обратили внимание довольно давно. Еще в Средние века описывались случаи «чудесного» исцеления от рака у заболевших тяжелыми гнойно-воспалительными заболеваниями, которые сопровождались лихорадкой. Хотя многим врачам приходила в голову мысль попробовать лечить опухоли с использованием болезнетворных бактерий, наибольший успех и признание в этом направлении, несомненно, принадлежит американскому хирургу В.Б.Коли (W.B.Coley; 1862–1936). Этот врач-исследователь длительное время с успехом лечил рак с помощью бактерий, спасая пациентов в тяжелейшем, часто безнадежном состоянии.

В 1891 г. Коли впервые добился полного излечения больного от рака, введя ему стрептококки в область опухоли (саркомы), а спустя год представил Американскому хирургическому обществу первые успешные результаты онколитической терапии сарком у значительной группы пациентов. До конца своей врачебной практики (в 20-х годах XX в.) Коли пролечил с использованием бактерий более 1.5 тыс. пациентов, достигая положительных результатов в 75% случаев, при этом спас 895 неоперабельных онкологических больных.

Возникает сразу несколько справедливых вопросов. Почему при столь успешном лечении рака (а такому высокому проценту излеченных могут позавидовать и современные онкологи) мировое врачебное сообщество отказалось или не восприняло онколитическую терапию Коли? Неужели все дело в жадных фармацевтических компаниях, стремящихся продать свои препараты, или в бессердечных онкологах, желающих обогнать пациента на краю смерти?

Конечно же, это не так или не совсем так. Бактериальная терапия рака по методу Коли сложна и труднопредсказуема. Для достижения эффекта терапии американский хирург был вынужден многократно вводить бактериальный препарат пациенту в область опухоли, вызывая у него лихорадку и балансируя на грани сепсиса. К тому же дозировать бактериальную биомассу из живых и быстро делящихся бактерий крайне сложно. Неслучайно поэтому и сам Коли со временем решил отказаться от живых бактерий и начал использовать суспензию из инактивированных теплом клеток *Streptococcus pyogenes* и *Serratia marcescens*, которую позднее стали называть вакциной (или токсином)

Коли. Лечение раковых больных «убитыми» бактериями, конечно, более безопасно, но менее эффективно, поэтому довольно быстро стали доминировать другие методы — например, рентгенотерапия и химиотерапия цитостатиками. Их безусловное преимущество в относительной простоте употребления: лечение обычно назначается курсами или со значительными временными промежутками.

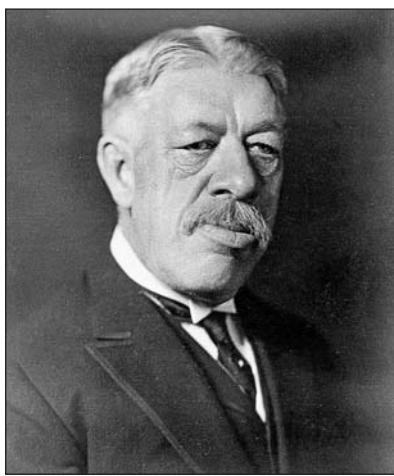
Появились современные терапевтические подходы и создаются новые лекарственные препараты, но заболеваемость раком в мире не только не падает, но и продолжает нарастать [2]. И вновь, как

120 лет назад, внимание исследователей обратилось к бактериям и вирусам. Из всего разнообразия микроорганизмов наиболее эффективными в борьбе с раком оказались те самые «разбойники» — бактерии, относящиеся к патогенным: сальмонеллы (*Salmonella*), листерии (*Listeria*), клостридии (*Clostridium*), псевдомонады (*Pseudomonas*), микобактерии туберкулеза (*Mycobacterium tuberculosis*), а также стрептококки, которые в свое время использовал Коли [3]. У всех этих патогенных бактерий несколько общих черт: способность к длительному и часто бессимптомному нахождению в организме человека, причем инфекция развивается чаще

всего на фоне угнетенного иммунитета. Многие возбудители склонны к пролиферации при низком содержании кислорода, могут продуцировать токсины и приспособлены к внутриклеточному существованию. Противораковых токсинов к настоящему времени найдено уже немало, причем практически все они производятся бактериями, которые относятся к разряду патогенных (табл.) [4]. Появилось множество научных публикаций, в которых авторы, рассматривая возможные механизмы противоопухолевого действия бактерий, обратили внимание на их умение специфически стимулировать врожденный иммунитет, направляя лимфоциты и макрофаги против опухолевых клеток, и выработать разнообразные токсины, напрямую уничтожающие эти клетки.

Найти и обезвредить


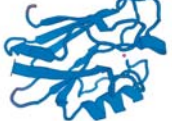


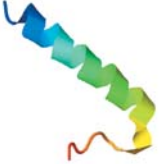

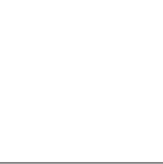

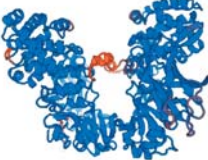






Важнейшая особенность бактериальной терапии рака — почти полное отсутствие побочных реакций иммунной системы и организма в целом. К тому же бактерии как самонаводящиеся ракеты могут находить опухолевые ткани в организме, что сильно отличает такой подход от большинства химических препаратов (например, цитостати-

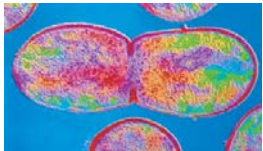
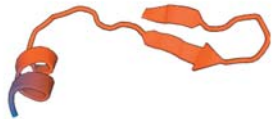




Вильям Коли, изобретатель онколитической терапии бактериями.

Таблица

Некоторые бактериальные пептиды и токсины, обладающие противоопухолевой активностью [4]

Вид бактерий	Протейн / Пептид	Молекулярная масса, кДа	Мишени (линии раковых клеток)
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> 	азурин  p28 (часть азурина) 	16 2.8	рак легкого (MCF-7, MDA-MB-157)
<i>Streptococcus pneumoniae</i> 	Pep27anal2 	3.3	лейкемия (AML-2, HL-60, Jurkat), рак желудка (SNU-601), рак легкого (MCF-7)
<i>Enterococcus sp.</i> 	энтап 	6.2	аденокарцинома желудка (AGS), аденокарцинома прямой кишки (HT-29)
<i>Corynebacterium diphtheria</i> 	дифтерийный токсин 	60	рак надпочечников (H295R), глиобластома (U118MG, U373MG, U87MG)
<i>Clostridium botulinum</i> 	ботулотоксин А 	149	рак простаты (PC-3 и LNCaP), рак молочной железы (T47D)
<i>Listeria monocytogenes</i> 	листериолизин О 	58	рак легких (MCF7, SKBR-3), лейкемия (Jurkat)
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> 	экзотоксин А 	68	рак поджелудочной железы (PaCa-2), меланомы (FEMX, Melmet-1, Melmet-5)

<p><i>Streptococcus bovis</i></p> 	<p>бовицин</p> 	<p>2.4</p>	<p>аденокарцинома молочной железы (MCF-7), гепатоцеллюлярная карцинома (HepG2)</p>
<p><i>Klebsiella pneumoniae</i></p> 	<p>микроцин E492</p> 	<p>7.9</p>	<p>аденокарцинома (HeLa), острая Т-клеточная лейкемия (Jurkat)</p>

ков), действующих по принципу гранаты в темном подвале: достанется всем — и друзьям, и врагам.

Пиогенный стрептококк (*Streptococcus pyogenes*) — чемпион противоопухолевого действия по всем критериям. Этот стрептококк группы А, колонизирующий обычно миндалины или чуть реже кожные покровы, может вызывать такие неприятные заболевания, как фарингиты, стрептодермии, скарлатину, рожистое воспаление, а также иммунопатологические осложнения в виде ревмокардитов и гломерулонефритов. Однако описано и многолетнее бессимптомное носительство *S.pyogenes* в организме человека.

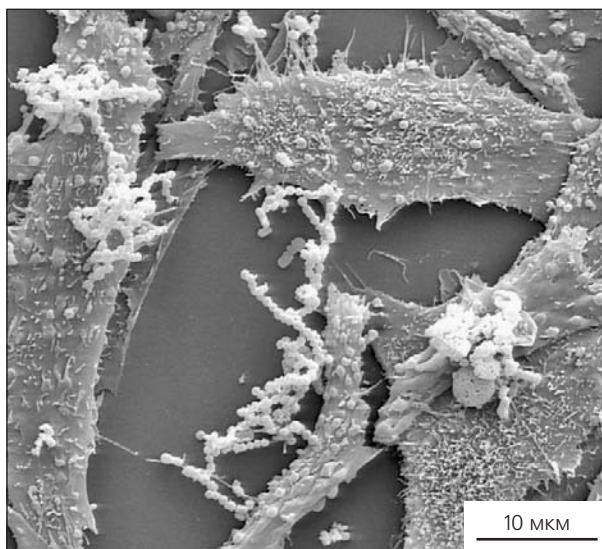
Пиогенный стрептококк может развиваться как на поверхности тканей, так и проникать внутрь клеток; неплохо себя чувствует в крови, способен расти как в присутствии кислорода, так и без него, продуцируя именно в отсутствие кислорода наиболее мощный цитоллизин — стрептолизин О. На клеточной поверхности *S.pyogenes* расположен целый комплекс ферментов, гидролизующих сахара и аминокислоты. Наиболее известный поверхностный стрептококковый фермент, обладающий противоопухолевой активностью, — аргининдеиминаза — расщепляет аргинин и тем самым лишает клетки опухоли этой жизненно важной для них аминокислоты [5]. Правда, даром ничего не бывает: большинству таких клеток пришлось «расплатиться» за бессмертие умением синтезировать необходимый им аргинин.

Стрептококковая аргининдеиминаза оказалась наиболее эффективным бактериальным противораковым агентом, который в настоящее время усердно изучают и уже рассматривают в качестве перспективного препарата для терапии самых трудноизлечимых новообразований, включая опухоли мозга [5, 6].

Способность стрептококков находить опухолевые ткани легко объяснить. Дело в том, что злокачественное новообразование (особенно солидное при формировании опухолевого узла из бы-

стро делящихся клеток) не успевает сформировать сосуды, приносящие кислород. Кроме того, в результате интенсивного обмена веществ в области опухоли образуется избыток различных метаболитов, включая моно- и дисахара. Именно поэтому стрептококки, тяготеющие к бескислородной среде и обилию «сладкого», оказавшись в крови, колонизируют преимущественно опухолевые ткани. Им там просто сытно и комфортно. Данная особенность патогенных бактерий даже рассматривается сейчас в качестве возможности их использования для переноса в область опухоли цитостатиков или онколитических вирусов [7].

Важно также то, что появление патогена в неподходящем месте дополнительно мощно стимулирует врожденный иммунитет, обычно подавленный при развитии рака, привлекая к опухолевой ткани новые отряды Т-киллеров и М1-макрофагов, выполняющих положенные им полицейские функции.



Стрептококки группы А на клетках линии нервной ткани [8].

Как сделать «разбойника» безопасным

И вновь возникает вопрос: почему же медики забыли работы Коли? На самом деле забыли, но не все и не вполне. Исследования онколитических бактерий, включая стрептококков, продолжались и после его смерти. В 1959 г. один из основоположников онкоиммунологии Л.Дж.Олд (L.J.Old; 1933–2011) установил, что вакцина БЦЖ, используемая для профилактики туберкулеза, может ингибировать рост опухоли у мышей [9]. В 1970-х годах канадские ученые доказали эффективность БЦЖ при лечении рака мочевого пузыря [10]. В 1991 г. в США использование вакцины в этих целях было одобрено Управлением по санитарному надзору за качеством пищевых продуктов и медикаментов (Food and Drug Administration, FDA), и БЦЖ стала первой официально зарегистрированной онколитической бактерией. В конце 1980-х годов в Японии был создан и зарегистрирован препарат ОК432 на основе *S.pyogenes* с доказанной эффективностью против широкого круга различных опухолей [11]. В России, начиная с 70-х годов прошлого века, под руководством академика В.А.Черешнева проводилась селекция и локальные клинические исследования стрептококковых штаммов с противоопухолевым действием. Активно разрабатываются и другие подобные препараты (например, на основе аргининдеминазы), однако по-прежнему не решена основная проблема использования живых патогенов в лечении рака — контроль инфекции. А что, если выпущенные на волю разбойники так разойдутся, что порушат всю государственную систему? Вопрос безопасности, конечно же, наиболее серьезный, и он беспокоил и самого автора противораковой вакцины — Вильяма Коли.

Стрептококковые болезнетворные свойства во многом обусловлены факторами вирулентности бактерии — многочисленными токсинами, адгезинами, поверхностными ферментами и фактора-

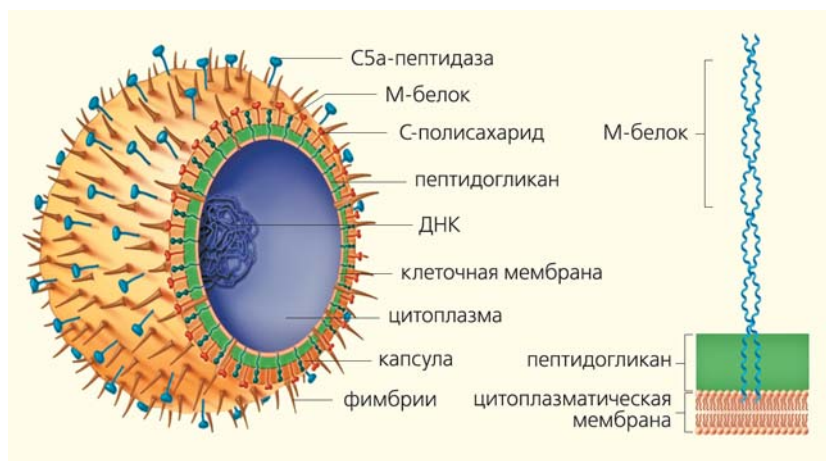
ми мимикрии (т.е. камуфляжа), позволяющими стрептококкам избежать иммунологического распознавания. Пальму первенства в ряду факторов патогенности стрептококка занимает поверхностный М-белок, препятствующий фагоцитозу бактерий в организме. Этот белок образует вокруг клетки стрептококка двуспиральную молекулярную «щетину», делая бактерию неудобоваримой для макрофагов. Этот же белок, за счет аминокислотного участка, сходного с тканями человека, в частности миокарда, — виновник таких стрептококковых иммунопатологических осложнений, как гломерулонефрит и ревмокардит.

Недавно мы, используя генно-инженерные подходы, попытались лишить стрептококки с противоопухолевыми свойствами этого белка. В качестве объекта для исследований был выбран штамм «Гуров» М111 серотипа, который ранее был отобран в качестве эффективного противоопухолевого агента группой Черешнева [12]. Штамм стрептококков без М-белка был получен, и он действительно фагоцитировался существенно лучше исходного штамма стрептококков [12]. Этот штамм был исследован на нескольких линиях опухолевых тканей как *in vitro*, так и на лабораторных животных с искусственно имплантированными опухолями [13]. К нашему удивлению, мы увидели, что беззащитный к фагоцитозу штамм стрептококков оказался не только менее опасным для организма животных (что ожидалось), но и более эффективным убийцей опухолевых клеток. Причина, почему бактерия без поверхностного М-белка стала эффективнее убивать опухолевые клетки, до сих пор не ясна.

Генетически модифицированный штамм стал более активно фагоцитироваться макрофагами и индуцировать у них выработку супероксид-анионов. Наиболее вероятно, что причиной такой метаморфозы стал феномен перенастройки иммунной системы хозяина, которая возбудилась при появлении в «государстве» наглых бактерий-разбойников и начала попутно выметать и опухолевые клетки.

Дело в том, что хитрые раковые клетки заставляют иммунную систему, в частности макрофаги, относиться к себе толерантно и даже участвовать в строительстве опухолевой ткани. Современные противоопухолевые препараты как раз направлены на ликвидацию М2-макрофагов — строителей. Вполне возможно, что беззащитный к фагоцитозу стрептококк способствует преобразованию макрофагов-строителей в активных макрофагов типа М1 — убийц опухоли.

Возможно также, что проведенные генетические манипуляции в области гена М-белка нарушили структуру данного тон-



Схематическое изображение клеточной стенки стрептококков группы А и М-белка.

ко регулируемого генетического участка хромосомы стрептококков, отвечающего за вирулентность бактерии [14].

Все это, возможно, и привело к появлению новых свойств, а также к синтезу ранее не существовавших белковых продуктов, которые, вероятно, и повлияли на возникший феномен. В любом случае применение генетически измененных патоген-

ных бактерий открывает перспективы использования механизмов противораковой защиты организма, опосредованной бактериями. Это предоставляет новые возможности для понимания роли бактерий, относимых к категории патогенов, в защите нашего суперорганизма. Может, не зря мы носим этих «бандитов» десятилетиями в себе, часто не догадываясь об их существовании? ■

Литература / References

1. Tjalsma H., Boleij A., Marchesi J.R., Dutilh B.E. A bacterial driver-passenger model for colorectal cancer: beyond the usual suspects. *Nat Rev Microbiol.* 2012; 10(8): 575–582. Doi:10.1038/nrmicro2819.
2. Ferlay J., Soerjomataram I., Dikshit R. et al. Cancer incidence and mortality worldwide: sources, methods and major patterns in GLOBOCAN 2012. *Int. J. Cancer.* 2015; 136(5): E359–E386. Doi:10.1002/ijc.29210.
3. Nair N., Kasai T., Seno M. Bacteria: prospective savior in battle against cancer. *Anticancer Res.* 2014; 34(11): 6289–6296.
4. Karpicki T.M. Anticancer activity of bacterial proteins and peptides. *Pharmaceutics.* 2018; 10(2): E54. Doi:10.3390/pharmaceutics10020054.
5. Fiedler T., Straussab M., Hering S. et al. Arginine deprivation by arginine deiminase of *Streptococcus pyogenes* controls primary glioblastoma growth *in vitro* and *in vivo*. *Cancer Biol. Ther.* 2015; 16(7): 1047–1055. Doi:10.1080/15384047.2015.1026478.
6. Maletzki C., Rosche Y., Riess C. et al. Deciphering molecular mechanisms of arginine deiminase-based therapy – Comparative response analysis in paired human primary and recurrent glioblastomas. *Chem. Biol. Interact.* 2017; 278: 179–188. Doi:10.1016/j.cbi.2017.10.007.
7. Krzykawski M.P. Combined bacterial and viral treatment: a novel anticancer strategy. *Cent Eur J Immunol.* 2015; 40(3): 366–372. Doi:10.5114/cej.2015.54601.
8. Maletzki C., Klier U., Obst W. et al. Reevaluating the concept of treating experimental tumors with a mixed bacterial vaccine: Coley's Toxin. *Clin. Dev. Immunol.* 2012; 2012: 230625. Doi:10.1155/2012/230625.
9. Old L.J., Clark D.A., Benacerraf B. Effect of Bacillus Calmette Guerin infection on transplanted tumors in the mouse. *Nature.* 1959; 184: 291–292. Doi:10.1038/184291a0.
10. Morales A., Eidinger D., Bruce A.W. Intracavitary Bacillus Calmette-Guerin in the treatment of superficial bladder tumors. *J. Urol.* 1976; 116(2): 180–183. Doi:10.1016/S0022-5347(17)58737-6.
11. Bonavida B., Katz J., Hoshino T. Mechanism of NK activation by OK-432 (*Streptococcus pyogenes*). I. Spontaneous release of NKCF and augmentation of NKCF production following stimulation with NK target cells. *Cell Immunol.* 1986; 102(1): 126–135. Doi:10.1016/0008-8749(86)90331-X.
12. Suworova M.A., Kramskaya T.A., Suworov A.N., Kiseleva E.P. Inactivation of M111 protein gene modifies *Streptococcus pyogenes* interactions with mouse macrophages *in vitro*. *Bull. Exp. Biol. Med.* 2018; 164(3): 347–350. Doi:10.1007/s10517-018-3987-z.
13. Суворова М.А., Крамская Т.А., Дуплик Н.В. и др. Влияние инактивации гена М-белка на противоопухолевые свойства живых *Streptococcus pyogenes* в эксперименте. *Вопросы онкологии.* 2017; 63(5): 803–807. [Suworova M.A., Kramskaya T.A., Duplik N.V. et al. Influence of inactivation of the M-protein gene on antitumor activity of live *Streptococcus pyogenes* in experiment. *Problems in oncology.* 2017; 63(5): 803–807. (In Russ.)]
14. McMillan D.J., Druze P.A., Vu T. et al. Updated model of group A *Streptococcus* M proteins based on a comprehensive worldwide study. *Clin. Microbiol. Infect.* 2013; 19(5): E222–E229. Doi:10.1111/1469-0691.12134.

About Us and Our Oncolytic Bacteria

A.N.Suworov^{1,2}

¹Institute of Experimental Medicine (St.Petersburg, Russia)

²St.Petersburg State University (St.Petersburg, Russia)

It is known that almost all human diseases, including cancer, occur with changes in microbiome. However, the role of microorganisms, in particular, bacteria, in the development of cancer is still incomprehensible. It was shown that infections caused by different pathogens may in some cases lead to the disappearance of tumor development. The greatest amount of data has been accumulated on the use of Group A streptococci as antitumor bacteria. Herewith, modification of streptococci by genetic engineering could improve the anti-cancer features. Author of the article hypothesize that the opportunistic bacteria might have a biological role of eliminating the cancer cells from the organism.

Keywords: cancer, oncolytic bacteria, *Streptococcus pyogenes*.

Белковая ловушка: как зеленые химеры «ЛОВЯТ» гены

А.С.Хрущева^{1,2}, Н.В.Дорогова², С.А.Фёдорова^{1,2}

¹Новосибирский национальный исследовательский государственный университет (Новосибирск, Россия)

²Федеральный исследовательский центр «Институт цитологии и генетики» СО РАН (Новосибирск, Россия)

Белковая ловушка — мобильный генетический элемент, созданный на основе внедрения в геном нуклеотидной последовательности, которая кодирует зеленый флуоресцентный белок. Современные инструменты исследования, разработанные на основе белковой ловушки, позволяют менять в клетке количество гибридных РНК или белка. Приведены примеры различных способов применения белковых ловушек — от анализа экспрессии конкретных генов и локализации изучаемых белков в клетке до исследования взаимодействия различных органов или тканей организма.

Ключевые слова: GFP, зеленый флуоресцентный белок, химерные (гибридные) белки, экспрессия генов, методы исследования живых клеток.

Ключевой механизм развития любого организма — динамическое изменение экспрессии его генов. Своевременное «включение» и «выключение» конкретных генов в определенных клетках вызывает их морфологические изменения, что проявляется во всем разнообразии живых организмов.

К настоящему времени разработано множество методов, позволяющих изучать экспрессию генов, измерять количество различных РНК в разных типах клеток, однако полное понимание функции гена невозможно без данных о пространственной и временной локализации его продукта. Частично эту проблему решает использование антител, которые специфично связываются с целевым белком, что позволяет определять его внутриклеточное местоположение или количество. Для использования антител необходимо иметь изучаемый белок или знать нуклеотидную последовательность кодирующего его гена, что не всегда возможно. Кроме того, антителами можно окрашивать только фиксированный материал, что существенно затрудняет анализ динамики распределения изучаемого белка.

Настоящим прорывом в науке стало открытие флуоресцентных белков из семейства GFP (от англ. green fluorescent protein — зеленый флуоресцентный белок). Впервые GFP был выделен из тканей медузы *Aequorea victoria* в 1962 г. [1], а в 1992-м была определена нуклеотидная последовательность гена *gfp* [2], который затем клонировали и внедрили в кишечную палочку (*Escherichia coli*). Таким образом появилась возможность по-

лучать GFP в необходимых для исследований количествах, и с тех пор его стали широко использовать в качестве маркера (белка-репортера) в клеточной и молекулярной биологии [3]. Этот небольшой (239 аминокислот), но устойчивый к действию внутриклеточных протеаз белок можно продуцировать в клетках самых разных организмов — от бактерий до млекопитающих*. Отсутствие необходимости фиксировать и окрашивать клетки и ткани для приготовления препаратов делает GFP более удобным, чем другие репортерные белки. В 1994 г. была создана генетическая конструкция из гена *gfp*, пришитого к гену плодовой мушки (*Drosophila melanogaster*), который кодирует синтез белка Ecu (Eupherantia) [4]. В результате ученые получили гибридный (или химерный, т.е. состоящий из двух и более частей от разных генов) белок Ecu-GFP, который, сохранив функции природного Ecu, при этом, в отличие от него, способен светиться в живых и фиксированных клетках [4].

Использование флуоресцентных белков оказалось столь удобным инструментом для молекулярной и клеточной биологии, что за открытие GFP и разработку новых методов на его основе американским исследователям Осаму Симомуре, Мартину Чалфи и Роджеру Цяню в 2008 г. была присуждена Нобелевская премия по химии**.

* Подробнее см.: Лабас Ю.А., Гордеева А.В., Фрадков А.Ф. Свет и цвет живых организмов: флуоресцирующие и цветные белки // Природа. 2003. №3. С.33–43.

** Подробнее см.: Чудов С.В. Лауреаты Нобелевской премии 2008 года по химии — О.Симомура, М.Чалфи, Р.Цянь // Природа. 2009. №1. С.123–124.



Ася Сергеевна Хрущева, студентка магистратуры Новосибирского национального исследовательского государственного университета (НГУ). Занимается изучением деления соматических клеток, динамики цитоскелета.



Наталья Владимировна Дорогова, кандидат биологических наук, научный сотрудник сектора генетики клеточного цикла Федерального исследовательского центра «Институт цитологии и генетики» (ФИЦ ИЦиГ) СО РАН. Область научных интересов — визуализация внутриклеточных структур, митохондрии, программируемая клеточная гибель.



Светлана Александровна Фёдорова, кандидат биологических наук, заведующая сектором генетики клеточного цикла ФИЦ ИЦиГ СО РАН, старший преподаватель НГУ. Специалист в области биологии развития, исследует процессы формирования и функционирования гонад, взаимодействия генеративной и соматической тканей.
e-mail: fsveta@bionet.nsc.ru

полнительных последовательностей, регулирующих экспрессию, поэтому полученный химерный ген будет транскрибироваться в точности, как природный, т.е. его продукт будет нарабатываться на тех же стадиях и в тех же тканях. Так как ловушка — искусственная конструкция с полностью известной нуклеотидной последовательностью, можно относительно легко определить с точностью до нуклеотида, в какой именно ген произошла ее встройка, т.е. «поймать» при ее помощи гены с определенными особенностями экспрессии. Изучая локализацию химерных белков в клетках, можно вычленить гены, которые участвуют в каком-либо конкретном процессе (к примеру, определив белки, которые локализуются внутри митохондрий или на них, — получить список генов, продукты которых необходимы для поддержания структуры и функции митохондрий. Соответственно, белковую ловушку иногда называют ловушкой для генов.

Комбинирование флуоресцентного белка с изучаемым во многих случаях не приводит к изменению конформации и функции последнего, а свечение флуоресцентной «метки» позволяет определять его рас-

Белковая ловушка

Технология создания искусственных гибридных белков легла в основу современного метода белковой ловушки (дословный перевод с англ. — protein trap), который был разработан в 1996 г. для анализа локализации эндогенных (природных) белков [5]. Белковая ловушка содержит репортерный ген (как правило, *gfp*), который самостоятельно экспрессироваться не может. Этот искусственно созданный мобильный элемент запускают в ядро клетки, где он произвольно встраивается в геном. Если встройка произошла в межгенное пространство или в гены, которые кодируют РНК (например, гены рибосомной или транспортной РНК), или в ген в правильной ориентации, но со сдвигом кодона, то GFP будет «молчать» и эту линию мы в ходе анализа не заметим. Активация экспрессии *gfp* возможна только в случае встраивания генетического элемента в правильной ориентации (относительно начала гена) в ген, кодирующий белок, — отсюда и название «белковая ловушка» (рис.1,а). Репортерный ген *gfp* в белковой ловушке не несет до-

пределение в клетке. Гибридный GFP-белок от такого химерного гена в большинстве случаев будет иметь внутриклеточную локализацию, аналогичную природному. Полученный химерный белок и его внутриклеточное распределение можно изучать напрямую, по встроеной флуоресцентной метке (GFP), либо при помощи антител как к самому белку, так и к флуоресцентной метке. Таким образом, используя флуоресценцию, либо имея антитела только к GFP, можно изучить локализацию тысячи белков, поэтому метод белковой ловушки приобрел широкую популярность [3]. Кроме того, данный метод позволяет исследовать распределение гибридных белков непосредственно в живых клетках, что дает возможность не только наблюдать в реальном времени процессы, происходящие с участием GFP-гибридных молекул и их взаимодействие, но и использовать химерные белки в качестве различных внутриклеточных маркеров [3–6]. Применение таких гибридных маркеров позволяет изучать динамику процессов изменения морфологии и организации различных внутриклеточных структур в зависи-

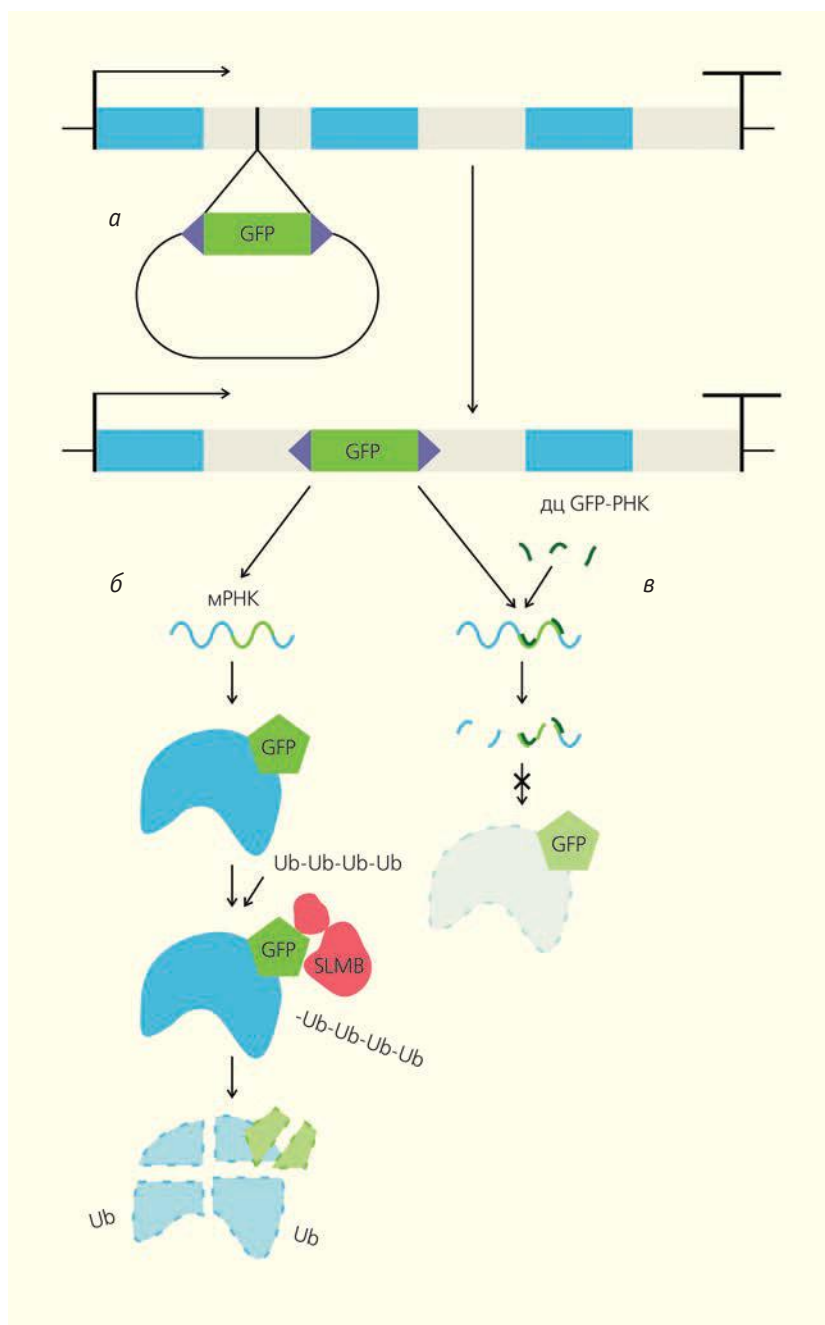


Рис.1. Схема работы белковой ловушки (а) и ее модификаций (б, в). В ген внедряется искусственный мобильный элемент, содержащий белковую ловушку (зеленый участок — ДНК, кодирующая GFP; фиолетовые треугольники по краям — повторы от природного мобильного Р-элемента, которые необходимы для встраивания ловушки в геном). Зрелая матричная РНК данного гена включает в себя копию внедренной последовательности (зеленые участки). Продукт трансляции этой мРНК — соответствующий белок дикого типа (синий) с пришитой к нему флуоресцентной меткой (зеленая). При быстрой искусственной деградации целевых белков (б), содержащих GFP или любой другой флуоресцентный маркер, белковые Ub-метки связываются с GFP, после чего убиквитинированный белок направляется в протеасому и деградирует (бледно-голубой с пунктирным контуром). При интерференции белковой ловушки IGFPi (в) двуцепочечные РНК (дцРНК, темно-зеленые), комплементарные последовательности *gfp*, связываются с матричной РНК, которая разрезается, вследствие чего белок не производится.

мости от стадии клеточного деления и дифференцировки [7]. В настоящее время получено множество модификаций белковых ловушек, содержащих различные флуоресцентные метки — YFP (от англ. Yellow Fluorescent Protein — желтый флуоресцентный белок), Venus (модернизированный YFP), EYFP (от англ. Enhanced Yellow Fluorescent Protein — усиленный желтый флуоресцентный белок), RFP (от англ. Red Fluorescent Protein — красный флуоресцентный белок) и др.

В некоторых случаях встраивание флуоресцентной метки все-таки изменяет конформацию нативного белка (например, если GFP нарушает целостность функционально значимого белкового домена) и получаемый химерный белок не обладает всеми функциями природного. Тем не менее, такой мутантный GFP-гибридный белок дает полную информацию о том, как экспрессия изучаемого гена зависит от ткани и стадии развития организма. Кроме того, остаются доступными инструменты исследования, разработанные на основе белковой ловушки: РНК-интерференция, РН-опосредованная деградация белков и т.д. Мутантный химерный белок не способен заменить природный, поэтому, наблюдая, как отражаются его дефекты на поведении других белков, органелл или клетки в целом, мы можем сделать выводы о функциях нативного белка. Иными словами, даже если встройка белковой ловушки окажется «неудачной», почти все преимущества данного метода сохраняются, а кроме того, мы дополнительно получаем мутацию гена, которую можем исследовать методами классической генетики.

Для объединения результатов различных генетических исследований с использованием метода белковой ловушки создан специальный проект FlyTrap [8]. В нем собраны описания локализации сотен GFP-меченых белков в различных органах и тка-

нях на разных стадиях развития плодовой мушки дрозофилы [9, 10]. Многие встройки белковых ловушек соответствовали генам, которые ранее не были не только исследованы, но даже предсказаны Геномным проектом дрозофилы*, т.е. с помощью этого метода, открыты новые гены [11].

Один из примеров использования белковой ловушки — визуализация мембран эндоплазматического ретикулума (ЭПР) с помощью гибридной формы дисульфид-изомеразы (Pdi, от англ. protein disulfide isomerase) — основного структурного белка ЭПР — и GFP-репортера. Химерный белок Pdi-GFP можно использовать для визуализации всех процессов, связанных с локализацией, перестройкой и метаболизмом ЭПР [12]. Например, в сперматогенезе дрозофилы происходят специфические изменения статуса ЭПР в зависимости от стадии клеточного деления и дифференцировки (рис.2). Ретикулярная мембранная сеть, характерная для интерфазы (см. рис.2,*а*), во время деления клеток замещается тубулярными мембранами, располагающимися между микротрубочками веретена (см. рис.2,*б*). После мейоза, в самом начале дифференцировки спермиев, ЭПР окружает ядро и митохондрии, слившиеся в специфическую структуру, называемую небенкерном (см. рис.2,*в*), затем, на стадии элонгации спермиев, ЭПР удлиняется согласованно с этими структурами (см. рис.2,*г*). Окончание сперматогенеза характеризуется диссоциацией ЭПР на отдельные мембранные элементы и гранулы, которые удаляются из зрелых сперматозоидов (см. рис.2,*д*).

С помощью GFP-гибридных мРНК-связывающих белков была выявлена пространственно-временная организация синтетических процессов в сперматогенезе дрозофилы [7]. Белки, участвующие в процессе созревания и локализации мРНК, разделились на три группы (рис.3):

* Berkeley Drosophila Genome Project (fruitfly.org).

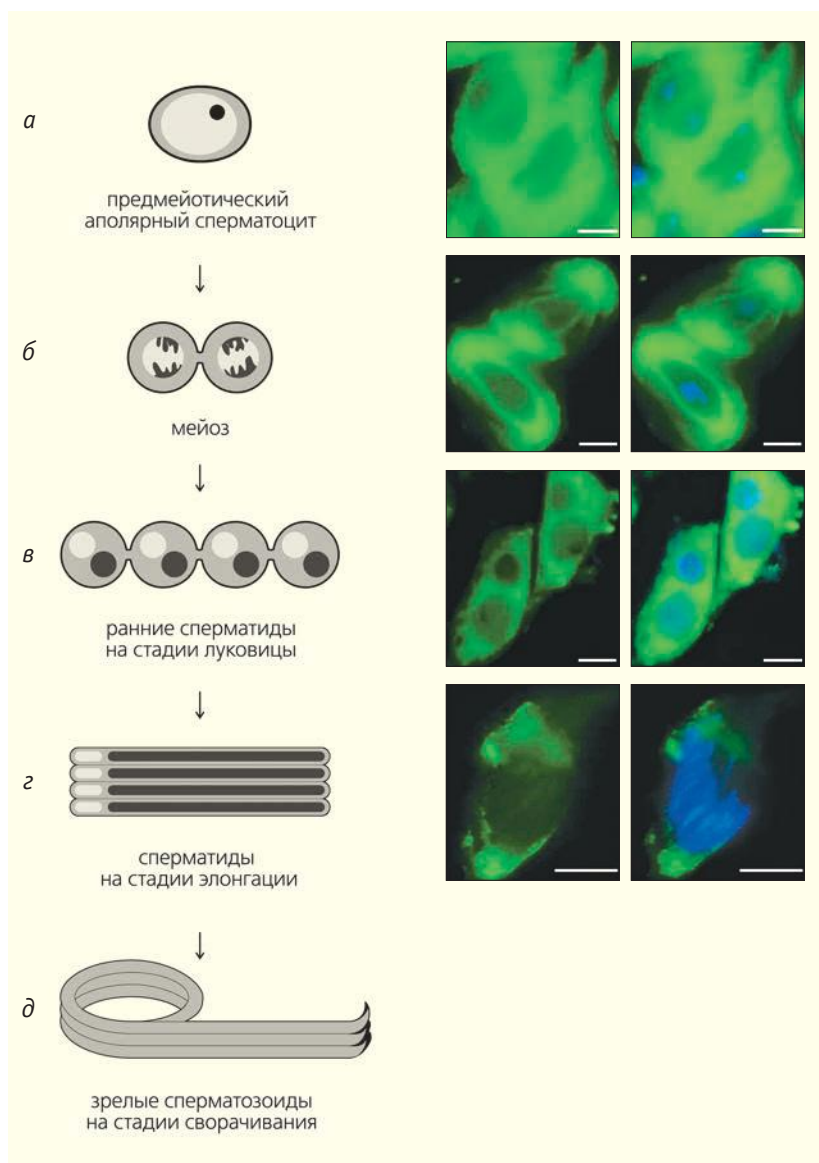


Рис.2. Визуализация динамики ЭПР (микрофотографии гибридного белка Pdi-GFP) на соответствующих стадиях сперматогенеза дрозофилы. Перед мейозом ЭПР равномерно распределена по цитоплазме (*а*), во время деления ретикулярная мембранная сеть замещается тубулярными мембранами, располагающимися между микротрубочками веретена (*б*). После мейоза начинается морфогенез сперматид (*в*). В это время ЭПР окружает ядро (на схеме слева выделено белым) и слившиеся в специфическую структуру митохондрии — небенкерн (показано черным). Во время роста хвостов сперматид (стадия элонгации) ЭПР удлиняется вместе с клеточной цитоплазмой (*г*), а во время индивидуализации и финального созревания сперматозоидов большая его часть будет удалена (*д*). На микрофотографиях синим светится хроматин, окрашенный DAPI, зеленым — белок GFP-Pdi. Длина масштабной линейки 10 мкм.

— белки с исключительно ядерной локализацией (например, белок Rtc1, участвующий в сплайсинге);

— белки, которые в течение сперматогенеза меняют ядерную локализацию на цитоплазматическую — Squid и Hrb98DE (участвуют в созрева-

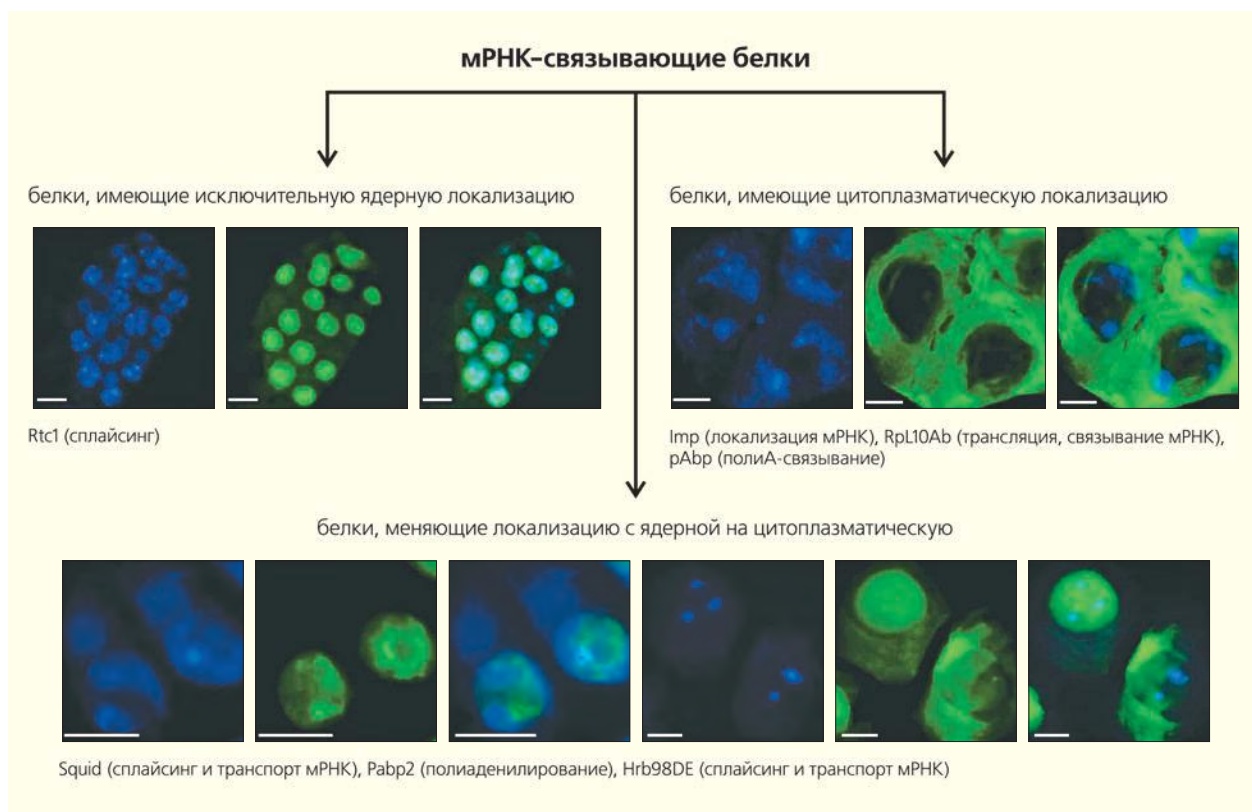


Рис.3. Пространственно-временная организация синтетических процессов в сперматогенезе дрозофилы при помощи белков, участвующих в процессе созревания и локализации мРНК. Синий — хроматин, окрашенный DAPI, зеленый вверху слева — белок Rtc1-GFP, вверху справа pAbp-GFP; внизу — Squid-GFP. Длина масштабной линейки 10 мкм.

нии и транспорте мРНК), а также Pabp2 (необходим для полиаденилирования мРНК);

— белки с исключительно цитоплазматической локализацией — Imp (необходим для локализации мРНК), RpL10Ab (связывается с мРНК, участвует в трансляции), pAbp (связывается с полиА-районом мРНК).

Распределение белков Squid и Hrb98DE в ядрах сперматоцитов морфологически сходно с распределением телец сплайсинга (Splicing Factor Compartments). Белок RpL10Ab локализуется в цитоплазме; на стадии сперматоцита обнаруживается также гранула внутри ядра, с высокой вероятностью соответствующая ядрышковому организатору — области, где собираются субъединицы рибосомы. Белки Imp и Hrb98DE на стадии элонгации сперматид локализуются на особой структуре, которая отвечает за области наибольшей синтетической активности клеток на этой стадии развития.

Анализ места и стадий локализации гибридных белков помогает обнаруживать новые функции известных генов. Например, ранее считалось, что ген дрозофилы *gilgamesh* (*gish*), кодирующий синтез белка казеин-киназы-γ I, задействован только в дифференцировке глиальных клеток. Однако при изучении коллекции линий дрозофилы со встройками белковой ловушки мы установили,

что эта протеинкиназа участвует также в метаболизме мембран во время сперматогенеза [13].

GFP-опосредованная РНК-интерференция

В результате встройки белковой ловушки в ген образуется матричная РНК, содержащая крайне специфичную последовательность *gfp*, которая не вторгается более ни в одном гене данного организма. На этом факте основан метод под названием «мишень-опосредованная потеря функции» (tag-mediated loss-of-function), в котором в качестве мишени (тега) выступает РНК-последовательность *gfp* [14]. Если в клетку добавить малые двуцепочечные РНК, комплементарные участку *gfp*, то произойдет РНК-интерференция* (разрушение РНК), в результате чего перестанет нарабатываться продукт данного гена (см. рис.1,в). Удобство проведения РНК-интерференции на основе белковой ловушки, названной IGFPi (от англ. *in vivo* GFP inter-

* Про явление РНК-интерференции — процесс подавления экспрессии гена при помощи малых молекул РНК — подробнее см.: Кленов М.С. Лауреаты Нобелевской премии 2008 года по физиологии или медицине — Э.Файер и К.Мэллоу // Природа. 2007. №1. С.76–79.

ference), состоит в том, что не требуются разработка и получение комплементарных малых РНК для каждого гена, который планируют «выключить», — достаточно использовать лишь РНК, комплементарную к *gfp* [15, 16]. Анализируя обширные коллекции организмов с GFP-белковыми ловушками, можно проводить интерференцию множества генов без создания дополнительных генетических конструкций.

Дополнительное преимущество использования интерференции на основе последовательности гена *gfp* из белковой ловушки — возможность определения эффективности самой РНК-интерференции. Обычно такие работы требуют проведения анализа количества РНК и белка в ткани, для которого необходимы антитела к исследуемому белку. Так как в случае белковой ловушки каждый гибридный белок содержит GFP-метку, можно одновременно оценивать интенсивность сигнала GFP в любой конкретной клетке или ткани, сравнивая линии с РНК-интерференцией против *gfp* и без, и делать выводы о проценте «выключения» гена, содержащего белковую ловушку [15].

Дегградация FP-меченых белков

Белковая ловушка, содержащая любую флуоресцентную метку (FP), позволяет использовать антитела только к самой метке, не разрабатывая их к исследуемому белку. Это же преимущество было использовано для создания метода получения быстрой искусственной дегградации целевых белков, содержащих GFP или любой другой флуоресцентный маркер (DeGradFP). Сконструированные белки, состоящие из фрагмента антител к GFP и лигазного домена белка SLMB дрозофилы, специфично узнают GFP и навешивают на такой химерный белок «цепочки» молекул убиквитина — Ub-метки (см. рис.1,б) [17]. Их наличие служит сигналом для направления данного белка в протеасому и его последующей дегградации. Система, регулирующая стабильность белков путем их убиквитинирования, эволюционно высококонсервативна, поэтому метод быстрой дегградации GFP-меченых химерных белков работает в любых эукариотических клетках. Более того, Ub-метки подходят для других флуоресцентных ловушек, содержащих Venus, YFP, EYFP и т.д. Как и в случае РНК-интерференции, эффективность инактивации химерных белков через их дегграда-

цию можно оценивать по интенсивности их флуоресцентного сигнала. Во многих случаях это готовое к использованию решение, так как к настоящему времени существуют целые коллекции разных организмов с GFP-белковыми ловушками [17].

Модификации белковой ловушки iTRAC

В 2011 г. был разработан и описан новый подход — iTRAC (от англ. Integrase mediated trap conversion — модификация интегразы-опосредованной ловушки) [18]. Он позволяет адаптировать белковые ловушки, несущие специфические последовательности ДНК (сайты attP и attB), для различных целей с помощью относительно простой замены содержимого этих генетических конструкций, уже встроившихся в исследуемый ген (рис.4). Данный подход основан на работе специального фермента (интегразы ϕ C31), который катализирует рекомбинацию по attP и attB. После рекомбинации эти сайты изменяют свою нуклеотидную последовательность и перестают узнаваться интегразой, т.е. вторичный обмен происходить уже не может. Модифицированные ловушки содержат один или несколько сайтов attP, для замены содержимого такой ловушки используются вторичные конструкции, содержащие сайт(ы) attB. При активировании интегразы ϕ C31 происходит рекомбинация участков ДНК между сайтами attP и attB, т.е. обмен содержимого ловушки и вторичной конструкции (см. рис.4). Такой принцип обмена называется кассетным. Активировать интегразу ϕ C31 можно повсеместно

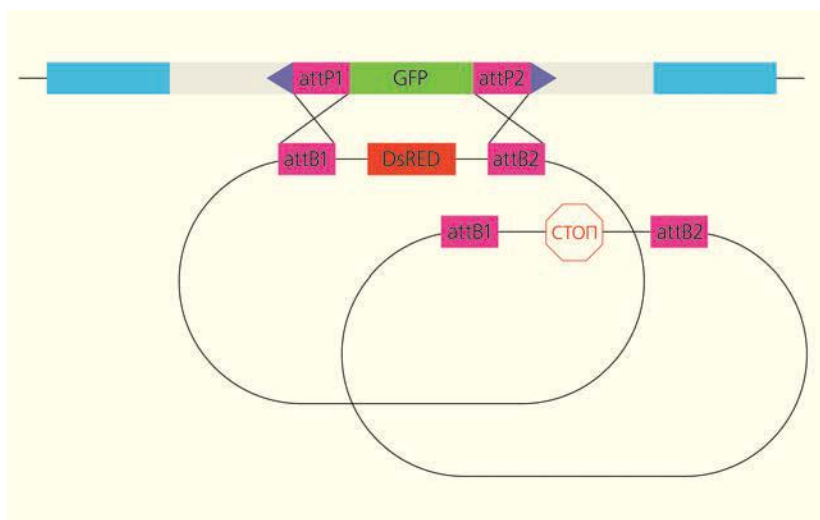


Рис.4. Схема работы iTRAC с двумя вариантами вторичных ловушек: содержащей красную флуоресцентную метку DsRED и содержащей стоп-кодон. Модифицированные белковые ловушки содержат по краям последовательности attP и attB (розовые). Интегразы ϕ C31 катализируют рекомбинацию по сайтам attP и attB, и происходит обмен участками ДНК между сайтами attP и attB, т.е. содержимого ловушки, уже встроившейся в ген, и вторичной конструкции.

но или только на интересующих нас стадиях развития или в отдельных клетках или органах, что существенно расширяет области ее применения. Например, внесение во вторичную ловушку стоп-кодона позволяет целенаправленно мутировать исследуемый ген и анализировать функции такого укороченного белка в конкретном типе клеток. А использование в первичной и вторичной ловушках флуоресцентных меток разного цвета — исследовать взаимодействие разных типов клеток в органах и тканях. Примером может служить ловушка, работающая на основе транспозона *Minos*, которая была разработана для визуализации физиологических процессов у разноногого рака *Parhyale hawaiiensis*. Первичная ловушка содержала красный флуоресцентный маркер RFP, вторичная — зеленый GFP. Это позволило, ткане- или стадийспецифически заменяя одну ловушку на другую, изучать различные системы органов данного организма, в частности проследить сердечную функцию, открытие и закрытие клапанов в деталях, которые ранее не были изучены [18].

Таким образом, первичная ловушка, содержащая последовательность attP, может быть реконструирована и использована вторично. Универсальность iTRAC позволяет использовать ее для самых различных целей: во-первых, для создания внутриклеточных маркеров для различных типов микроскопии; во-вторых, для внедрения систем, дающих возможность изменять экспрессию генов, используя вставку сильных терминаторов транскрипции; в-третьих, для введения в клетки генетических маркеров для определения различных типов клеток или для специфичного введения клеточного токсина только в клетки, содержащие первичную ловушку [18].

Данный подход универсален, так как интеграл работает во многих модельных организмах, включая дрозophilу, лягушек, мышей. Также для

таких организмов уже существуют большие коллекции линий, содержащих ловушки, что позволяет разрабатывать и конструировать только вторичные конструкции, обмен материала с которыми требуется произвести.

* * *

К настоящему времени известны последовательности геномов многих организмов, но этих данных недостаточно для полного понимания закодированной в них информации. Знание функций всех генов и белков и путей их взаимодействия позволит понять процессы развития и функционирования организмов. Белковая ловушка — удобный инструмент для исследования генов, белков и их функций. Разработанный изначально для изучения локализации белка, данный подход постоянно совершенствуется, предоставляя новые возможности для исследования различных организмов. Уже созданы коллекции линий разных модельных организмов с различными ловушками*. Это позволяет применять новые методы, не создавая дополнительных трансгенных животных и генетических конструкций. Например, для проведения РНК-интерференции всей коллекции линий, содержащих GFP-ловушку, достаточно использовать малые интерферирующие РНК к *gfp*. Также можно искусственно изменять количество химерного белка в клетке при помощи его убиквитин-опосредованной деградации. Во всех случаях изменения в количестве и распределении продукта химерного гена удобно отслеживать по интенсивности свечения флуоресцентных меток. Метод белковой ловушки продолжает развиваться, открывая все новые горизонты в познании работы живой клетки и организма. ■

* Базы данных для дрозophilы — flytrap.med.yale.edu/index.html и www.flyprot.org, для рыбы *Danio rerio* — kawakami.lab.nig.ac.jp/ztrap.

Работа выполнена при поддержке Бюджетного проекта «Молекулярно-генетические основы регуляции экспрессии генов, морфологии, дифференцировки и перепрограммирования клеток» (проект 0324-2018-0019), а также Министерства образования и науки РФ по Программе повышения конкурентоспособности ведущих российских университетов среди ведущих мировых научно-образовательных центров (проект 5-100).

Литература / References

1. Shimomur O., Johnson F.H., Saiga Y. Extraction, purification and properties of aequorin, a bioluminescent protein from the luminous hydromedusan, *Aequorea*. J. Cell Comp. Physiol. 1962; 59(3): 223–239. Doi:10.1002/jcp.1030590302.
2. Prasher D.C., Eckenrode V.K., Ward W.W. et al. Primary structure of the *Aequorea victoria* green-fluorescent protein. Gene. 1992; 111(2): 229–233. Doi:10.1016/0378-1119(92)90691-H.
3. Степаненко О.В., Верхуша В.В., Кузнецова И.М. и др. Флуоресцентные белки: физико-химические свойства и использование в клеточной биологии. Цитология. 2007; 49(5): 395–420. [Stepanenko O.V., Verkhusha V.V., Kuznetsova I.M. et al. Fluorescent proteins: physical-chemical properties and application in cell biology. Cytology. 2007; 49(5): 395–420. (In Russ.)]
4. Wang S., Hazelrigg T. Implications for *bcd* mRNA localization from spatial distribution of exu protein in *Drosophila* oogenesis. Nature. 1994; 369: 400–403. Doi:10.1038/369400a0.

5. Chudakov D.M., Matz M.V., Lukyanov S.A. et al. Fluorescent proteins and their applications in imaging living cells and tissues. *Physiol. Rev.* 2010; 90: 1103–1163. Doi:10.1152/physrev.00038.2009.
6. Giepmans B., Adams S., Ellisman M. et al. The fluorescent toolbox for assessing protein location and function. *Science.* 2006; 312: 217–224. Doi:10.1126/science.1124618.
7. Nerusheva O.O., Dorogova N.V., Omelyanchuk L.V. GFP markers for studying *D.melanogaster* spermatogenesis. *Cent. Eur. J. Biol.* 2009; 4(4): 452–460. Doi:10.2478/s11535-009-0052-y.
8. Kelso R.J., Buszczak M., Quicones A.T. et al. Flytrap, a database documenting a GFP protein-trap insertion screen in *Drosophila melanogaster*. *Nucleic. Acids. Res.* 2004; 32(Database issue): D418–D420. Doi:10.1093/nar/gkh014.
9. Morin X., Daneman R., Zavortink M. et al. A protein trap strategy to detect GFP-tagged proteins expressed from their endogenous loci in *Drosophila*. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* 2001; 98(26): 15050e5. Doi:10.1073/pnas.261408198.
10. Quicones-Coello A.T., Petrella L.N., Ayers K. et al. Exploring strategies for protein trapping in *Drosophila*. *Genetics.* 2007; 175(3): 1089–1104. Doi:10.1534/genetics.106.065995.
11. Buszczak M., Paterno S., Lighthouse D. et al. The carnegie protein trap library: a versatile tool for *Drosophila* developmental studies. *Genetics.* 2007; 175(3): 1505–1531. Doi:10.1534/genetics.106.065961.
12. Дорогова Н.В., Нерушева О.О., Омелянчук Л.В. и др. Изучение структурной организации и динамики эндоплазматического ретикула в сперматогенезе *Drosophila melanogaster* с помощью гибридного белка Pdi-GFP. *Биологические мембраны.* 2009; 26(1): 50–57. [Dorogova N.V., Nerusheva O.O., Omelyanchuk L.V. Structural organization and dynamics of the endoplasmic reticulum during spermatogenesis of *Drosophila melanogaster*: Studies using PDI-GFP chimera protein. *Biochemistry (Moscow) Supplement. Series A: Membrane and Cell Biology.* 2009; 3(1): 55–61.]
13. Nerusheva O.O., Dorogova N.V. et al. A GFP trap study uncovers the functions of Gilgamesh protein kinase in *Drosophila melanogaster* spermatogenesis. *Cell Biology International.* 2009; 33(5): 586–593. Doi:10.1016/j.cellbi.2009.02.009.
14. Neumüller R.A., Wirtz-Peitz F., Lee S. et al. Stringent analysis of gene function and protein–protein interactions using fluorescently tagged genes. *Genetics.* 2012; 190(3): 931–940. Doi:10.1534/genetics.111.136465.
15. Roignant J.Y., Carré C., Mugat B. et al. Absence of transitive and systemic pathways allows cell-specific and isoform-specific RNAi in *Drosophila*. *RNA.* 2003; 9(3): 299–308. Doi:10.1261/rna.2154103.
16. Pastor-Pareja J.C., Xu T. Shaping cells and organs in *Drosophila* by opposing roles of fat body-secreted collagen IV and perlecan. *Dev. Cell.* 2011; 21(2): 245–256. Doi:10.1016/j.devcel.2011.06.026.
17. Caussin E., Kanca O., Affolter M. Fluorescent fusion protein knockout mediated by anti-GFP nanobody. *Nat. Struct. Mol. Biol.* 2011; 19: 117–121. Doi:10.1038/nsmb.2180.
18. Kontarakis Z., Pavlopoulos A., Kiupakis A. et al. A versatile strategy for gene trapping and trap conversion in emerging model organisms. *Development.* 2011; 138(12): 2625–2630. Doi:10.1242/dev.066324.

Protein Trap: How do Green Chimeras «Catch» Genes

A.S.Khruscheva^{1,2}, N.V.Dorogova², S.A.Fedorova^{1,2}

¹Novosibirsk National Research State University (Novosibirsk, Russia)

²Institute of Cytology and Genetics, Siberian Branch, RAS (Novosibirsk, Russia)

Protein trap is one of the modern genetic techniques, based on introducing of green fluorescent protein (GFP) coding sequence into the genome. The modern research tools developed on a protein trap basis allow artificially altering the intracellular amount of hybrid RNAs or proteins. Here we give examples of various methods of using the protein traps — from the analysis of the specific genes expression and the subcellular localization of the investigated proteins to the studies of interactions between different organism's tissues or organs.

Keywords: GFP, green fluorescent protein, recombinant proteins, gene expression, intracellular markers.

Возвращение на родину: сиудаит — новый минерал из Хибинского массива

Р.К.Расцветаетаева¹, С.М.Аксёнов¹

¹Институт кристаллографии имени А.В.Шубникова РАН (Москва, Россия)

Рассказывается история об открытии и изучении нового минерала группы эвдиалита — сиудаита $\text{Na}_8(\text{Mn}_2^+\text{Na})\text{Ca}_6\text{Fe}_3^{3+}\text{Zr}_3\text{NbSi}_{25}\text{O}_{74}(\text{OH})_2\text{Cl}\cdot 5\text{H}_2\text{O}$, который был найден в породах на западном склоне горы Эвеслогчорр в Хибинском щелочном массиве (Кольский п-ов, Россия). Его обнаружил аспирант Геологического института Польской академии наук Лукаш Крушевский во время минералогической экскурсии в Хибины в составе группы Клуба молодых геологов при Варшавском университете. Польским исследователям понадобилась помощь в изучении найденного образца, и они обратились к московским ученым. Минерал оказался еще одним уникальным представителем группы, которая насчитывает 28 видов. По предложению Лукаша минерал назван в честь его наставника — минералога и геохимика Р.Сиуды. Сиудаит утвержден в качестве самостоятельного минерального вида Комиссией по новым минералам, номенклатуре и классификации минералов Международной минералогической ассоциации. И хотя минерал носит польское имя и хранится в Варшаве, в Музее Земли, в отделе минералогии и петрографии (голотипный образец MZI III/1/541), история его происхождения и изучения неразрывно связана с Россией.

Ключевые слова: новый минерал, кристаллическая структура, сиудаит, группа эвдиалита, Хибинский массив.

Минералы группы эвдиалита — широко распространенные в природе цирконосиликаты. Они имеют сложный и изменчивый химический состав: половина таблицы Менделеева статистически участвует в их формировании, обуславливая их чрезвычайное разнообразие. Члены группы эвдиалита — тригональные (пространственные группы $R\bar{3}m$, $R3m$ и $R3$), обладают микропористым строением [1–3]. На сегодняшний день группа включает 28 минеральных видов с параметром элементарной ячейки $c \sim 30$, или ~ 60 Å. Недавно она пополнилась еще одним минералом — сиудаитом $\text{Na}_8(\text{Mn}_2^+\text{Na})\text{Ca}_6\text{Fe}_3^{3+}\text{Zr}_3\text{NbSi}_{25}\text{O}_{74}(\text{OH})_2\text{Cl}\cdot 5\text{H}_2\text{O}$ [4], который нашли в пегматитовых породах на западном склоне горы Эвеслогчорр в Хибинском щелочном массиве (Кольский п-ов). Минерал в виде желтых или коричневато-желтых кристаллов до 1.5 см в длину находился в ассоциации с эгирином, альбитом, микроклином, нефелином, астрофиллитом и (Се)-лопа-



Рамиза Кераровна Расцветаетаева, доктор геолого-минералогических наук, главный научный сотрудник Института кристаллографии имени А.В.Шубникова РАН, соавтор открытий более 80 минералов. Область научных интересов — структурная минералогия, кристаллохимия, рентгеноструктурный анализ. Постоянный автор «Природы».
e-mail: rast.crys@gmail.com



Сергей Михайлович Аксёнов, кандидат геолого-минералогических наук, научный сотрудник того же института. Специалист в области кристаллохимии и рентгеноструктурного анализа. Неоднократно публиковался в «Природе».

ритом (рис.1). Но мы получили кристаллы сиудаита из Польши, когда год назад аспирант Геологического института Польской академии наук (ПАН) Лукаш Крушевский в составе группы из Клуба молодых геологов при Варшавском университете от-



Рис.1. Красноовато-коричневые (с вкраплениями желтых) кристаллы сидюита в ассоциации с эгирином (темно-зеленые кристаллы в верхней части образца), нефелином (зеленоватые зерна слева и в центре), микроклином (белые кристаллы справа) и астрофиллитом (звездчатый агрегат в нижней части образца). Ширина образца 7 см.

правился на минералогическую экскурсию в Хибины. Экскурсией руководил минералог и геохимик из Института геохимии, минералогии и петрографии геологического факультета того же университета — Рафаэль Сиуда. Он-то и обратил внимание молодого аспиранта на необычные кристаллы эвдиалита.

Назад в Россию

Возвратившись в Варшаву с образцом необычного минерала, Лукаш пытался определить его состав. Однако погрешности анализа были столь велики, что концы с концами не сходились. Чтобы понять, к какому из уже известных видов найденный образец ближе всего и чем отличается от других минералов группы, необходимо было знание не только химического состава, но и структуры. Руководитель аспиранта пытался привлечь к проблеме своих сотрудников, но найти структурщика, который справился бы с такой сложной задачей, не удалось. Лукаш понял, что выход один — обратиться за помощью к специалистам в России. Он предложил нам свой материал, и мы согласились его исследовать, поскольку имели большой опыт работы с подобными минералами. Так этот минерал возвратился на родину.

Перво-наперво нужно было уточнить состав образца. Химический анализ, выполненный российскими коллегами, преподнес сюрприз: никакого вольфрама, найденного Лукашем, здесь не было. Зато присутствовал типичный для группы эвдиалита ниобий. Рентгеноструктурный анализ тоже не предвещал новизны минерала. И дело не в тривиальности каркаса: он одинаков у всех ми-

нералов группы и состоит из кремнекислородных тетраэдрических колец — трех- и девятичленных, а также кальциевых — шестичленных. Все они объединяются циркониевыми октаэдрами. Разнообразие минералов создается за счет катионов, заполняющих полости каркаса и характеризующихся различными ионными радиусами и валентностью от +1 до +6. Отрицательный заряд каркаса нешуточный (–24), и его нужно нейтрализовать положительными зарядами.

Химический состав по данным микрозонда укладывается в эмпирическую формулу: $\text{H}_{12.11}\text{Na}_{8.45}\text{K}_{0.41}\text{Ce}_{0.31}\text{La}_{0.20}\text{Nd}_{0.05}\text{Pr}_{0.04}\text{Mn}_{2.84}\text{Ca}_{5.455}\text{Fe}_{1.76}^{3+}\text{Ti}_{0.21}\text{Zr}_{2.95}\text{Hf}_{0.04}\text{Nb}_{0.65}\text{Si}_{24.50}\text{Cl}_{0.47}\text{O}_{79.12}$. Параметры тригональной ячейки, измеренные при низкой температуре (120 К) на современном дифрактометре (Bruker Smart Apex II, оснащенный CCD-детектором), оказались близкими к другим представителям группы: $a = 14.1885(26) \text{ \AA}$, $c = 29.831(7) \text{ \AA}$, $V = 5200.8(23) \text{ \AA}^3$, пространственная группа $R\bar{3}m$. Внутрикваркасные позиции, включая расщепленные и частично вакансионные, локализованы из серии разностных синтезов электронной плотности. Структура уточнена по программам AREN [5] и JANA2006 [6] в анизотропном приближении до низкого значения R -фактора (3.86%) с использованием 2436 дифракционных отражений.

Сиудаит в целом изоструктурен другим 12-слойным представителям группы эвдиалита с такой же пространственной группой, но отличается от них распределением состава в ряде ключевых позиций, что отражено в его кристаллохимической формуле ($Z=3$): $[\text{Na}_{7.5}(\text{H}_2\text{O})_{1.5}][\text{Mn}_{1.11}\text{Na}_{0.5}\text{Ce}_{0.6}\text{K}_{0.39}][(\text{H}_2\text{O})_{1.8}][\text{Ca}_{5.5}\text{Mn}_{0.5}][(\text{Fe}_{0.6}^{3+}(\text{Fe}_{1.2}\text{Mn}_{1.2}))][\text{Nb}_{0.6}][\text{Ti}_{0.2}\text{Si}_{0.5}]\text{Zr}_3[\text{Si}_3\text{O}_9]_2[\text{Si}_9\text{O}_{26}(\text{OH})_2(\text{OH},\text{O})_{3.5}][(\text{H}_2\text{O})_{0.47}][\text{Cl}_{0.47}(\text{H}_2\text{O})_{0.42}]$. Квадратными скобками, как это принято в структуре эвдиалитов, выделены составы ключевых позиций. Идеализированная формула, сбалансированная по зарядам, выглядит намного проще: $\text{Na}_8(\text{Mn}_2^+\text{Na})\text{Ca}_6\text{Fe}_3^+\text{Zr}_3\text{NbSi}_{25}\text{O}_{74}(\text{OH})_2\text{Cl}\cdot 5\text{H}_2\text{O}$.

Наиболее экзотическая из ключевых позиций ($M2$) находится в центре плоского квадрата, образуемого параллельными ребрами кальциевых октаэдров соседних шестичленных колец (рис.2,а). Она встречается довольно редко (в основном в ми-

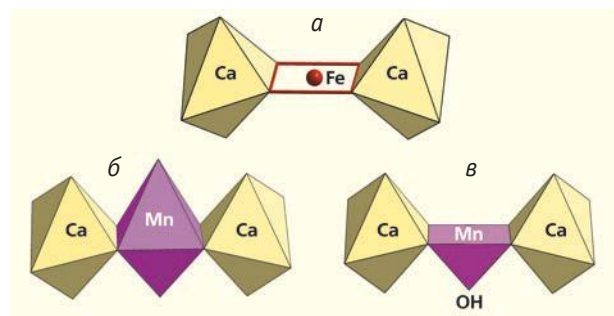


Рис.2. Ключевые позиции $M2$: а — в плоском квадрате, б — в октаэдре, в — в пятивершиннике.

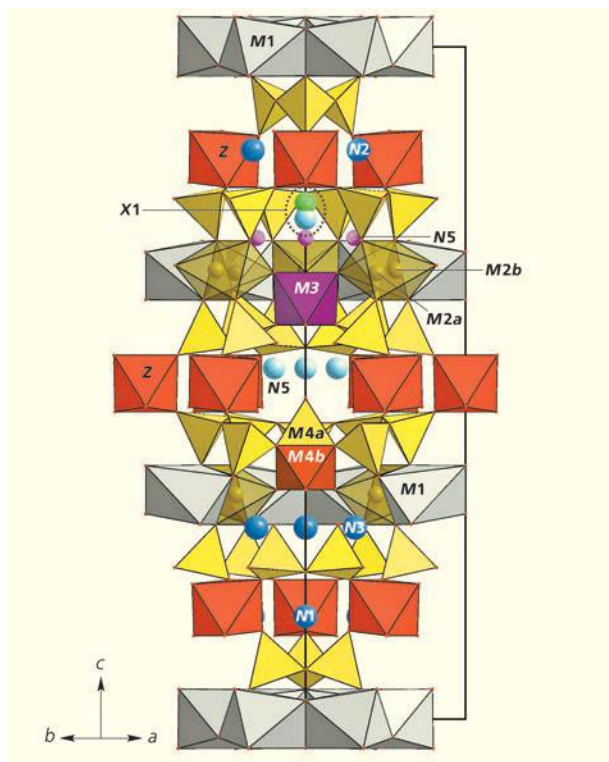


Рис.3. Общий вид структуры сидюнита вдоль длинного параметра ячейки вокруг оси третьего порядка.

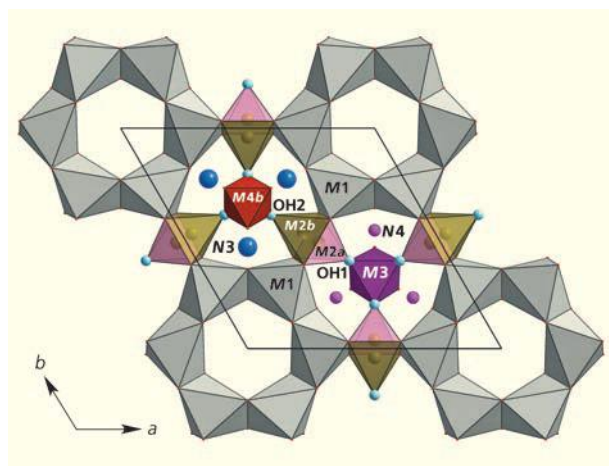


Рис.4. Распределение Fe^{3+} по $M2$ -подпозициям в структуре сидюнита в проекции на плоскость (110).

нералах группы эвдиалита) и чаще всего заселяется атомами железа или натрия. Но при различных изоморфных замещениях этих элементов (например, марганцем) данная позиция может быть сдвинута из центра квадрата. Тогда ее координация дополняется гидроксильными группами или молекулами воды до октаэдра (рис.2,б) или пятивершинника (рис.2,в).

В структуре сидюнита присутствуют сразу два пятивершинника по обе стороны плоского квадра-

та, поскольку $M2$ -позиция расщеплена на две подпозиции ($M2a$ и $M2b$), которые находятся на расстоянии 0.99 \AA друг от друга. $M2a$ занята Fe^{3+} и Mn (по 1.2 атома), а $M2b$ — только Fe^{3+} (0.6 атома). Такое распределение трехвалентного железа в структуре сидюнита (рис.3, 4) подтверждается и мёсбауэровской спектроскопией.

Другие ключевые позиции $M3$ и $M4$ (рис.3) расположены на оси третьего порядка в центре также уникальных девятичленных Si_9O_{27} -тетраэдрических колец. Благодаря гетеровалентным и гетерополиэдрическим замещениям эти позиции обычно расщеплены вдоль оси 3, образуя пары с общими гранями полиэдров: два тетраэдра ($T + T$), два октаэдра ($O + O$) или комбинацию тетраэдра и октаэдра ($T + O$). Позиции могут быть частично вакантными, что увеличивает структурное разнообразие. Данные особенности лежат в основе современной систематики минералов группы эвдиалита [2, 3].

В структуре сидюнита $M3$ -позиция занята Nb (0.6 атома) в октаэдрической координации со средним расстоянием $Nb-O = 1.973 \text{ \AA}$, в то время как $M4$ расщеплена на две $M4a$ - и $M4b$ -подпозиции ($M4a-M4b = 1.36 \text{ \AA}$), статистически занятые Si (0.5 атома) в $M4$ -тетраэдре (среднее $M4a-O = 1.588 \text{ \AA}$) и Ti (0.2 атома) в $M4b$ -октаэдре (среднее $M4b-O = 1.794 \text{ \AA}$). Таким образом, $M3$ - и $M4$ -позиции вакантны на 40 и 30% соответственно. $M3$ - и $M4b$ -октаэдры соединяются с $M2$ -квадратными пирамидами через общие OH -вершины, формируя гетерополиэдрические кластеры двух типов — $[Nb(Fe,Mn)_3]$ и $[TiFe_3]$. Последний заселен меньше, чем первый.

Распределение крупных катионов по $N1-N5$ позициям в минералах группы тоже различно. Чаще всего они заняты натрием или замещающим его оксонием [3], а также кальцием, калием, марганцем, стронцием и редкоземельными элементами.

Позиции $N1-N3$ в структуре сидюнита заселены преимущественно натрием. При этом $N1$ и $N2$ расщеплены на две, с расстояниями $N1a-N1b = 0.71 \text{ \AA}$ и $N2a-N2b = 0.99 \text{ \AA}$. Подпозиции $N1a$ и $N2a$ заняты атомами натрия (2.4 и 2.55 атома соответственно). Что касается $N1b$ и $N2b$, то они локализованы как атомы кислорода и их интерпретация может быть двойкой. Поскольку ни в одном из структурно известных гидратированных эвдиалитов (а их больше полусотни) вода не входит в N -полости (кроме $N5$), логично предположить, что и в данной структуре эти подпозиции заняты оксонием. Однако на ИК-спектре полос, подтверждающих присутствие оксония, не обнаружено, что само по себе неудивительно. Оксоний редко проявляется на ИК-спектрах эвдиалитов (особенно в случае его малых количеств). Поэтому для подпозиций $N1b$ и $N2b$ ввиду их малой заселенности и для простоты была допущена аппроксимация молекулами воды в количестве 0.6 и 0.45 атома соответственно. Точно так же и $N3$ -позиция статистически занята Na (2.55 атома) и H_2O (0.45) [4]. Полость $N5$, располо-

женная между 9-членными Si_9O_{27} -кольцами, в основном заполнена молекулами воды.

Казалось, что шансов чем-то выделиться у минерала нет.

Икранит или георгбарсановит?

Изначально Лукаш увидел в минерале много общего с икранитом $(\text{Na}, \text{H}_3\text{O})_{15}(\text{Ca}, \text{Mn}, \text{REE})_6\text{Fe}^{3+}\text{Zr}_3(\square, \text{Zr})(\square, \text{Si})\text{Si}_{24}\text{O}_{66}(\text{O}, \text{OH})_6\text{Cl} \cdot n\text{H}_2\text{O}$ [7]. Действительно, химически и структурно минерал напоминает высоководный икранит из Ловозерского массива. Найти образец минерала повторно, да еще в другом месторождении — само по себе знаковое событие. Ведь каждый минерал — носитель информации о геохимических условиях региона. И разновидности минералов также представляют интерес, так как сходство и различия могут объяснить особенности минералообразующей среды.

Об икраните мы уже писали в «Природе»*. Он характеризуется наиболее низким содержанием натрия (менее 8 атомов) среди минералов группы эвдиалита, что приводит к преобладанию оксониевых групп в $N1$ -позиции и их присутствию в $N3$ - и $N5$ -позициях. Существенно вакансионны также $M3$ - и $M4$ -позиции. Высокий отрицательный заряд гетерополиэдрического каркаса в икраните компенсируется главным образом атомами натрия и оксониевыми группами. И не только икранит, но и фенчит характеризуется пониженным количеством натрия и высокой вакансионностью в $N1$ – $N5$ - и $M3$ – $M4$ -позициях [8], а дефицит натрия в фекличевите компенсируется за счет кальция, который заполняет $N4$ -позицию [9]. Оба минерала также принадлежат группе эвдиалита.

Но бросалось в глаза и другое: большое количество марганца в нашем минерале. Сам по себе марганец не новость для эвдиалитов. Присутствие небольших его количеств обнаружено во многих минералах группы [3]. Обычно марганец представляет собой примесный элемент, но в некоторых случаях его содержание может достигать трех (на формулу) атомов и больше. При этом важно его положение в структуре. А разместиться он может в любой из ключевых позиций и даже в нескольких одновременно. Двухвалентный марганец (а именно он чаще всего и содержится в минералах группы эвдиалита) изменяет свой радиус от 0.66 до 0.96 Å в зависимости от количества окружающих его анионов (от четырех до девяти).

Чаще всего марганец занимает позицию в $M2$ -пятивершиннике на базе плоского квадрата (см. рис.2,в). Манганозвдиалит — единственный обогащенный Mn минерал группы с октаэдрической координацией в $M2$ -позиции (среднее значение $\text{Mn}-\text{O} = 2.30$ Å) [10]. При дефиците Ca (менее

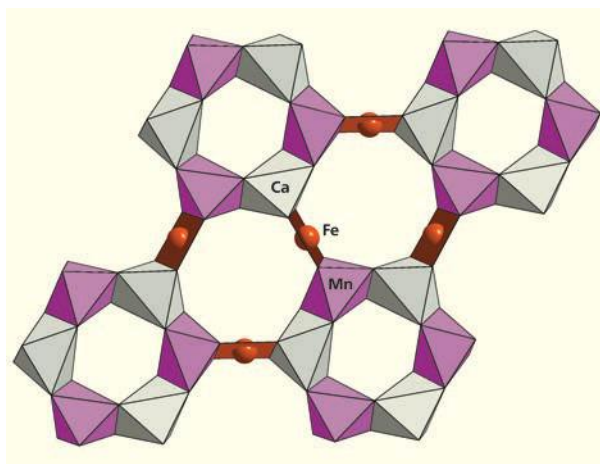


Рис.5. Структура онейллита. Чередование октаэдров Ca и Mn в шестичленных кольцах.

4.5 атома на формулу) Mn может занять октаэдр в $M1$ -позиции, что приводит к упорядочению Ca и Mn в пределах 6-членного октаэдрического кольца и понижению симметрии до $R3$, как в онейллите [11] (рис.5).

Присутствие атомов Mn в крупном полиэдре фиксируется и в георгбарсановите $\text{Na}_{12}(\text{Mn}, \text{Sr}, \text{REE})_3\text{Ca}_6\text{Fe}_3^{2+}\text{Zr}_3\text{NbSi}_{25}\text{O}_{76}\text{Cl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ [12–13], кристаллохимическая особенность которого — доминирование Mn среди группы катионов в $N4$ -позиции. Этот полиэдр представляет собой 11-вершинник с расстоянием катион—анион в пределах 2.484–2.927 Å (среднее 2.682 Å). О полной драматизма истории открытия, дискредитации и реабилитации георгбарсановита мы также писали в «Природе»**.

Марганец присутствует в $N4$ -позиции и в структурах так называемых эвколитов [3]. В структуре сиудита вокруг этой позиции формируется 9-вершинник (рис.6) со сложным химическим составом:

** Хомяков А.П., Расцветаева Р.К. Как мы потеряли барсановит и обрели георгбарсановит // Природа. 2005. №12. С.25–28.

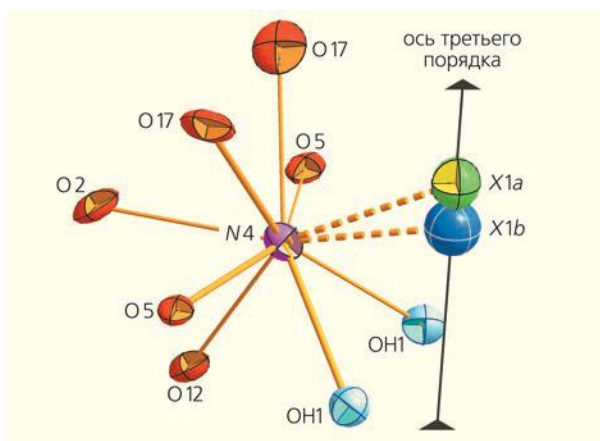


Рис.6. Координация Mn-доминантной $N4$ -позиции.

* Расцветаева Р.К. Семейные минералы нашего института // Природа. 2003. №11. С.35–40.

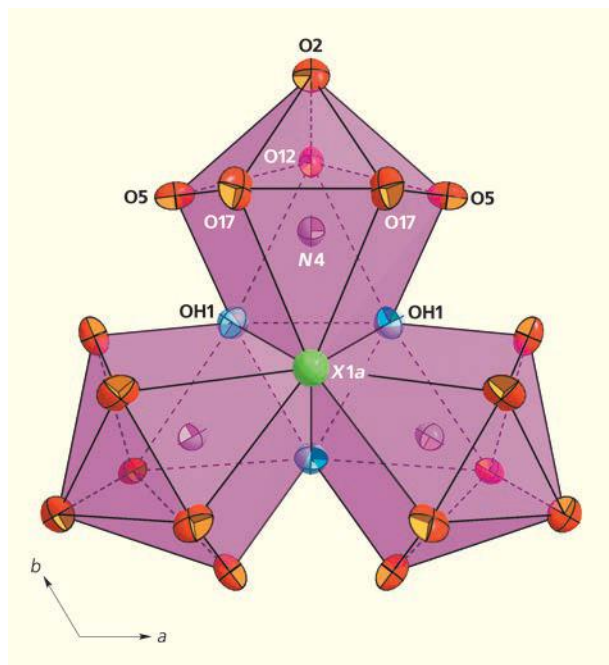


Рис. 7. Связь N4-полиэдров.

($Mn_{1.11}^{2+}Na_{0.9}Ce_{0.6}K_{0.39}$). Благодаря статистической заселенности расщепленной анионной позиции на две X1a и X1b, занятых Cl и H₂O соответственно, среднее расстояние катион—анион в этом полиэдре варьирует от 2.664 Å до 2.697 Å.

Более того, в случае вакансии в X1-позиции координационный N4-полиэдр редуцируется до 8-вершинника (рис.7). Такая кристаллохимическая особенность делает N4-позицию подходящей и для атомов Mn²⁺.

Железо железу рознь

Таким образом, сиудаит — второй (после георгарсановита) член группы эвдиалита с преобладанием Mn²⁺ в N4-позиции. Сходство с георгарсар-

новитом и в том, что сиудаит Nb-доминантен в M3-позиции и содержит Cl и H₂O в анионной X-позиции на оси 3. Общее с георгарсановитом также и распределение Fe в M2-позиции [12, 13]. Рентгеноструктурный анализ подтвердил предполагаемое сходство сиудаита с оксониевым минералом икранитом, но по сравнению с георгарсановитом аналогия с ним более далекая (табл.). Найти наиболее близкого родственника среди большого числа сородичей — уже само по себе неплохо. Так что же мы имеем? Еще одну находку георгарсановита в Хибинском массиве?

Но мы пошли дальше, обратив внимание на то, что железо в обоих минералах разной валентности. Такое отличие весьма существенно, так как по правилам Комиссии по новым минералам, номенклатуре и классификации минералов Международной минералогической ассоциации (КНМНК) разновалентное железо считается разными химическими элементами. А это уже заявка на новый минеральный вид!

Повторный анализ методом мёссбауэровской спектроскопии подтвердил, что доминирующая валентность железа в георгарсановите 2+ [4, 13], в то же время в исследованном образце все железо трехвалентное (валентность железа в сиудаите мы надежно установили по данным инфракрасной спектроскопии и ⁵⁷Fe-мёссбауэровской спектроскопии).

Преобладание Fe³⁺ в M2-позиции наблюдается и в ряде других минералов группы, в частности в икраните, фекличевите и фенчените [7–9]. Поскольку в сиудаите реализовалось счастливое сочетание — быть аналогом известного минерала и оставаться при этом яркой индивидуальностью, необходимо признать, что он — новый минерал, химически и структурно аналогичный георгарсановиту, но с доминированием Fe³⁺ в M2-позиции. В таком случае его название, отражающее эту близость и это отличие, по праву должно звучать как ферригеоргарсановит.

Однако Лукаш настаивал на том, чтобы дать минералу имя в честь своего наставника — Сиуды (р. 1975). Пришлось согласиться, ведь это право первооткрывателя. Когда пришло известие об утверждении минерала в качестве самостоятельного минерального вида КНМНК (IMA №2017-092), Геологический институт ПАН прислал российским авторам благодарность за проделанную работу. И хотя минерал носит польское имя и хранится в Варшаве (голотипный образец MZI III/1/541), в Музее Земли ПАН, в отделе минералогии и петрографии, история его происхождения и изучения неразрывно связана с Россией. ■

Таблица

Сравнение составов ключевых позиций сиудаита и родственных ему минералов (Z = 3)

Позиция	Минерал		
	сиудаит	икранит [7]	георгарсановит [12, 13]
M1	^{vi} Ca ₆	^{vi} [Ca _{4.98} Mn _{0.58} Sr _{0.3} Y _{0.14}]	^{vi} Ca ₆
M2a	^v [Fe _{1.2} ²⁺ Mn _{1.2}]	^{vi} Fe ₂ ²⁺	^v [(Fe ²⁺ , Fe ³⁺) _{1.86} Zr _{0.27} Mn _{0.13} Ti _{0.05}]
M2b	^v [Fe _{0.6} ³⁺]		^v Fe _{0.60} ²⁺
M3a	^{vi} Nb _{0.6}	^{iv} Si _{0.3}	^{vi} Nb _{0.8} ^{iv} Si _{0.2}
M3b		^{vi} [Zr _{0.08} Nb _{0.03} Ti _{0.03}]	
M4a	^{iv} Si _{0.5} ^{vi} Ti _{0.2}	^{vi} [Zr _{0.17} ^{vi} Nb _{0.07} ^{vi} Ti _{0.07}]	^{iv} Si
M4b		^{vi} Zr _{0.15}	
N4	^{ix} [Mn _{1.11} ²⁺ Na _{0.9} Ce _{0.6} K _{0.39}]	(Na, H ₃ O) ₃	^{xii} [Mn _{1.07} ²⁺ Sr _{0.72} REE _{0.47} Ca _{0.33} K _{0.25} Y _{0.13} Ba _{0.03}]

Римскими цифрами обозначены координационные числа полиэдров.

Литература / Reference

1. *Jobnsen O., Grice J.D.* The crystal chemistry of the eudialyte group. *The Canadian Mineralogist*. 1999; 37: 865–891.
2. *Расцветоваева Р.К., Чуканов Н.В.* Принципы кристаллохимической классификации минералов группы эвдиалита. *Записки РМО*. 2011; 140(1): 25–39. [*Rastsvetaeva R.K., Chukanov N.V.* Classification of eudialyte group minerals. *Geol Ore Deposits*. 2012; 54(7): 487–497.]
3. *Расцветоваева Р.К., Чуканов Н.В., Аксенов С.М.* Группа эвдиалита: кристаллохимия, свойства, генезис. Нижний Новгород, 2012. [*Rastsvetaeva R.K., Chukanov N.V., Aksenov S.M.* Eudialyte-group minerals: crystal chemistry, properties, genesis. Nizhny Novgorod, 2012. (In Russ.)]
4. *Chukanov N.V., Rastsvetaeva R.K., Kruszewski L. et al.* Siudaite, $\text{Na}_8(\text{Mn}_2^{2+}\text{Na})\text{Ca}_6\text{Fe}_3^{3+}\text{Zr}_3\text{NbSi}_{25}\text{O}_{74}(\text{OH})_2\text{Cl}\cdot 5\text{H}_2\text{O}$, a new eudialyte-group mineral from the Khibiny alkaline massif, Kola Peninsula. *Physics and Chemistry of Minerals*. 2018. (In press).
5. *Андрианов В.И.* AREN-85 — система кристаллографических программ РЕНТГЕН на ЭВМ NORD, CM-4 и ЕС. *Кристаллография*. 1987; 32: 228–231. [*Andrianov V.I.* Development of the system of crystallographic programs RENTGEN for the computers NORD, CM-4 and EC. *Kristallografiya*. 1987; 228–231. (In Russ.)]
6. *Petricek V., Dušek M., Palatinus L.* Jana 2006. Structure determination software programs. Praha, 2006.
7. *Расцветоваева Р.К., Чуканов Н.В.* Икранит: особенности состава и строения нового минерала группы эвдиалита. *Кристаллография*. 2003; 48(5): 775–778. [*Rastsvetaeva R.K., Chukanov N.V.* Ikranite: composition and structure of a new mineral of the eudialyte group. *Cryst. Repts*. 2003; 48(5): 717–720.]
8. *Shen G., Xu J., Yao P., Li G.* Fengchengite, IMA 2007-018a. *CNMNC Newsletter* 2011. №11, December, page 2893. *Mineral. Mag.* 2011; 75: 2887–2893.
9. *Пеков И.В., Екименкова И.А., Чуканов Н.В. и др.* Фекличевит $\text{Na}_{11}\text{Ca}_9(\text{Fe}^{3+}, \text{Fe}^{2+})_2\text{Zr}_3\text{Nb}[\text{Si}_{25}\text{O}_{73}](\text{OH}, \text{H}_2\text{O}, \text{Cl}, \text{O})_5$ — новый минерал группы эвдиалита из Ковдорского массива, Кольский полуостров. ЗВМО. 2001; 130(3): 55–65. [*Peikov I.V., Ekimenkova I.A., Chukanov N.V. et al.* Feklichevite $\text{Na}_{11}\text{Ca}_9(\text{Fe}^{3+}, \text{Fe}^{2+})_2\text{Zr}_3\text{Nb}[\text{Si}_{25}\text{O}_{73}](\text{OH}, \text{H}_2\text{O}, \text{Cl}, \text{O})_5$, a new mineral of the eudialyte group from Kovdor massif, Kola peninsula. *Zapiski Rossiiskogo Mineralogicheskogo Obshchestva (Proc. Russ. Mineral. Soc.)*. 2001; 130(3): 55–65. (In Russ.)]
10. *Номура С.Ф., Атенцио Д., Чуканов Н.В. и др.* Манганоевдиалит — новый минерал из массива Посо де Кальдас, Минас Жераис, Бразилия. *Записки РМО*. 2010; 139(4): 35–47. [*Nomura S.F., Atencio D., Chukanov N.V. et al.* Manganoeudialyte, a new mineral from Poso de Caldas, Minas Gerais, Brazil. *Zapiski Rossiiskogo Mineralogicheskogo Obshchestva (Proc. Russ. Mineral. Soc.)*. 2010; 139(4): 35–47. (In Russ.)]
11. *Jobnsen O., Grice J.D., Gault R.A.* Oneillite: a new Ca-deficient and REE-rich member of the eudialyte group from Mont Saint-Hilaire, Quebec, Canada. *The Canadian Mineralogist*. 1999; 37: 1295–1301.
12. *Екименкова И.А., Расцветоваева Р.К., Хомяков А.П.* Кристаллическая структура Fe, Cl-аналога кентбруксита. *Доклады АН*. 2000; 370(4): 477–480. [*Ekimenkova I.A., Rastsvetaeva R.K., Khomyakov A.P.* Crystal structure of the Fe, Cl-analogue of kentbrooksite. *Doklady Chem.* 2000; 370: 17–20.]
13. *Хомяков А.П., Нечелюстов Г.Н., Екименкова И.А., Расцветоваева Р.К.* Георгбарсановит, $\text{Na}_{12}(\text{Mn}, \text{Sr}, \text{REE})_3\text{Ca}_6\text{Fe}_3^{2+}\text{Zr}_3\text{NbSi}_{25}\text{O}_{76}\text{Cl}_2\cdot \text{H}_2\text{O}$ — минеральный вид группы эвдиалита: реабилитация барсановита и новое название минерала. *Записки РМО*. 2005; 134(6): 47–56. [*Khomyakov A.P., Nchelyustov G.N., Ekimenkova I.A., Rastsvetaeva R.K.* Georgbarsanovite, $\text{Na}_{12}(\text{Mn}, \text{Sr}, \text{REE})_3\text{Ca}_6\text{Fe}_3^{2+}\text{Zr}_3\text{NbSi}_{25}\text{O}_{76}\text{Cl}_2\cdot \text{H}_2\text{O}$, a mineral species of the eudialyte group: revalidation of barsanovite and the new name of the mineral. *Zapiski Rossiiskogo Mineralogicheskogo Obshchestva (Proc. Russ. Mineral. Soc.)*. 2005; 134(6): 47–57. (In Russ.)]

Homecoming: Siudaite — a New Mineral from the Khibiny Massif

R.K.Rastsvetaeva¹, S.M.Aksenov¹

¹A.V.Shubnikov Institute of Crystallography, RAS (Moscow, Russia)

History of discovering and studying of a new mineral of eudialyte group — siudaite $\text{Na}_8(\text{Mn}_2^{2+}\text{Na})\text{Ca}_6\text{Fe}_3^{3+}\text{Zr}_3\text{NbSi}_{25}\text{O}_{74}(\text{OH})_2\text{Cl}\cdot 5\text{H}_2\text{O}$ — is described. The mineral was found in peralkaline rocks at the Eveslogchorr Mt. (Khibiny alkaline massif, Kola Peninsula, Russia) by Lukash Kruszewski during a field trip as a part of the activity of the Young Geologists' Club of the University of Warsaw. Polish scientists needed help in study of the mineral and they contacted Moscow scientists. Mineral appears to be a new representative of the group which consists of 28 minerals. It was suggested by Lukash Kruszewski to name the mineral siudaite as a tribute to Polish mineralogist and geochemist Rafai Siuda (b. 1975). Mineral and its name have been approved by the IMA Commission on New Minerals, Nomenclature and Classification. Although the mineral has Polish name and is deposited in Warsaw, in the Museum of Earth PAS with the catalogue number MZI III/1/541, the history of its origin and studying are related with Russia.

Keywords: new mineral, crystal structure, siudaite, eudialyte group, Khibiny massif.

Черное море: взлеты и падения отечественного рыболовства

Д.Я.Фащук^{1,2}

¹Институт географии РАН (Москва, Россия)

²Институт океанологии имени П.П.Ширинова РАН (Москва, Россия)

Выполнен ретроспективный историко-географический анализ отечественного рыболовства в Черном море с момента падения Крымского ханства в 1783 г. до начала XXI в. Проанализированы структура и видовой состав промысловых биологических ресурсов. Исследована география, состав уловов, масштабы и способы добычи рыбы в период стихийного (потребительского) промысла царской России до 1917 г. Проведен сравнительный анализ количественных и качественных его показателей в основных рыбопромысловых районах Северного Причерноморья и на побережье Кавказа. Проанализированы результаты первых советских научных исследований состояния и структуры сырьевой базы в традиционных районах рыболовства. Исследована статистика добычи с середины 1920-х годов до 1940 г. На основании анализа сырьевой базы определены структура уловов и объемы добычи; проанализированы механизмы и установлены хронология и причины смены приоритетных объектов промысла (пелагиды, крупной ставриды, луфаря, скумбрии и нескольких малочисленных, но ценных по вкусовым качествам видов рыб — барабули, кефали, осетровых) во второй половине XX в. Оценено влияние на рыболовство природных и антропогенных изменений условий морской среды в Азово-Черноморском бассейне, ставших причиной последовавшего в 1988–1991 гг. кризиса рыбохозяйственной отрасли и прихода ее в конце 20-го столетия в депрессивное состояние.

Ключевые слова: Черное море, история рыболовства, промысловые виды рыб, география рыбного промысла.

В 2001 г. выдающийся ученый-зоолог профессор Теодор Саулович Расс опубликовал в журнале «Вопросы ихтиологии» статью «Регион Черного моря и его продуктивность», в которой высказал мнение, что современная экосистема Черного моря «вошла в фазу коллапса» [1]. Через 10 лет, в 2011 г., ведущие севавтопольские специалисты в области изучения промысловых биологических ресурсов Черного моря проанализировали развитие черноморского рыбного промысла в XX — начале XXI в. и пришли к выводу, что в настоящее время «Азово-Черноморский бассейн утратил свое значение как рыбохозяйственный водоем промысла ценных видов рыб» [2].

Видовой состав черноморских гидробионтов изменялся на протяжении всей геологической истории моря. Палеорекоконструкции древних Понто-Каспийских бассейнов показали, что в течение последних 30 млн лет Черное море периодически теряло и вновь восстанавливало связь с Мировым океаном (древним океаном Тетис). Менялась со-



*Дмитрий Яковлевич Фащук, доктор географических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории гидрологии Института географии РАН. Занимается проблемами географо-экологического моделирования морских экосистем.
e-mail: fashchuk@mail.ru*

леность водоема (от 3–4 до 20–22‰), а вместе с ней и видовой состав фауны. Сегодня в Черном море существует уникальный комплекс водных организмов (фито- и зоопланктон, фито- и зообентос) и обитает более 300 видов рыб, из которых в разные периоды современной истории лишь около 50 имели промысловое значение.

Современный биопромысловый потенциал Черного моря включает четыре типа организмов различного происхождения: *морские*, весь жизненный цикл которых протекает в море; *речные*, обитающие только в низовьях рек и водоемах речных дельт; *полупроходные*, нагуливающиеся в опресненных участках моря, а размножающиеся в дельтах

рек; и *проходные*, обитающие до половой зрелости в море, а для размножения мигрирующие в реки.

В периоды расцвета рыболовства в Черном море на разных этапах античной, средневековой и части новой истории видовой состав основных объектов промысла оставался практически постоянным. Однако с начала XX в. в результате бесконтрольного (стихийного) лова, изменений параметров водной среды и вмешательства человека в жизнь морской экосистемы структура сырьевой базы рыбного хозяйства и объемы добычи рыбы в водоеме неоднократно существенно менялись.

Значительную роль в развитии отечественного рыболовства в Черном море сыграли также экономические и социально-политические кризисы XX в. Октябрьский переворот, Гражданская и Великая Отечественная войны, перестройка и распад СССР имели свои как отрицательные (сокращение промысла), так и положительные (естественное восстановление рыбных популяций) последствия для состояния промысловых объектов, интенсивности и объемов их добычи. Новейшие геополитические события 2014 г. (вхождение Крыма в состав РФ) также, вероятно всего, отразятся на процессах освоения, охраны и восстановления биологических ресурсов Черного моря.

Справедливо ли приведенное выше пессимистическое утверждение севастопольских ученых? Чтобы ответить на этот вопрос, проведем аналитический историко-географический анализ изменений структуры промыслового рыболовства в Черном море. Оценим многолетнюю динамику запасов и объемов добычи основных видов рыб и исследуем причины, определявшие ее на протяжении XX–XXI вв.

Высочайший манифест Екатерины Великой

После окончания первой Русско-турецкой войны, согласно заключенному в июле 1774 г. Кючук-Кайнарджийскому мирному договору, к России отошли земли от Буга и крепости Кинбурн (устье Днепра) до Азова (устье Дона) с Прикубаньем и Приазовьем. Российскими стали крепости Керчь и Еникале (выход из Азовского в Черное море), а также Керченский пролив. После

дальнейшего десятилетнего военного противостояния с турками и крымскими татарами — очередной войны с Османской Портой и Крымским ханством — Екатерина II издала манифест «О принятии полуострова Крымского, острова Тамана и всей Кубанской стороны под Российскую державу». Так в 1783 г. Крымское ханство, история которого насчитывала более трех веков, прекратило свое существование.

Сразу же после присоединения Крыма по распоряжению Екатерины II к берегам полуострова был направлен фрегат «Осторожный» под командованием капитана II ранга И.М.Берсенева с целью выбора гавани для будущей крепости. В начале 1784 г. был заложен Севастополь — «Величественный город». Указом от 2 февраля 1784 г. императрица учредила Таврическую область, включившую Крымский п-ов и Тамань. Генерал-губернатором области стал фельдмаршал князь Г.А.Потемкин (1739–1791).



Севастополь конца XIX в.: вид на набережную с Хрустального пляжа (вверху) и Южная бухта.

Первое научное исследование новых территорий — «Физическое описание Таврической области по ее местоположению и по всем трем царствам природы» — было выполнено крымским вице-губернатором К.И.Габлицем в 1785 г. В этом документе о состоянии рыболовства речь не шла, *так как не было в ту пору и самого рыболовства*. Действительно, к концу XVIII в. в Крыму насчитывалось 1474 деревни, а его население составляло около 60 тыс. человек, основным занятием которых было разведение коров и овец.

Тем не менее в 1784 г. профессор университета в Галле Иоганн Эрлих Туннманн в своей работе «Крымское ханство» восторженно отмечал: «Ничего не может быть более обильным рыбой, чем Черное и Азовское моря у берегов Крыма» [3]. Это богатство, кстати, отражено во многих географических названиях региона. Азовское море у половцев носило название Кара-Балук («родина рыбы»), у татар — Чабак-Денгиз («море лещей»), у османов — Балук-Денгиз («рыбное море»), название Балаклава переводится с турецкого как «рыбный пруд», а Пантикапей (современная Керчь) у древних иранцев означало «рыбный путь». Справедливости ради следует отметить, что эти восторги по поводу равенства рыбных богатств Черного и Азовского морей основывались скорее на эмоциональных впечатлениях, чем на статистических данных, практически отсутствовавших в конце XVIII в. С их появлением оказалось, например, что в 1930-х годах с 1 га акватории Азовского моря вылавливали 85 кг рыбы, и это превышало уловы в Каспии в семь, в Балтике — в 12, а в Черном море — в 35 (!) раз [4].

Ачужевские ловы кубанских казаков

Можно считать, что история российского рыболовства в Азово-Черноморском бассейне началась в 1783 г. Сначала морской рыбный промысел велся в основном в Азовском море и Керченском проливе, а затем распространился и на все северное побережье Черного моря. До этого времени на восточных берегах Азова, в устье р.Протоки у г.Ачужева, существовали так называемые ачужевские ловы — налаженное турками рыболовство. После присоединения Крыма к России и создания Таврической губернии Екатерина II «пожаловала» эти промыслы князю Потемкину. Но в 1792 г., когда кубанские территории были отданы бывшим запорожским казакам, Потемкин передал им и подарок императрицы, а вместе с ним 40 тыс. руб. на строительство церкви в Ачуже. Воды этого района моря стали общевойсковой собственностью, а добыча рыбы вплоть до 1834 г. сделалась для казаков служебной повинностью: «...лов ачужевский составлял всегда, так сказать, войсковую регалию» [3]. Доходы от него шли только в казну войска.

Пионеров рыбного промысла — казаков — в дальнейшем потеснили государственные «царевы люди». Среди них оказался, по выражению В.И.Вернадского, «природный немец, родом прусак, <...> отдавший всю жизнь России», — российский академик немецкого происхождения Петр Семенович Паллас.

В 1793–1794 гг. он совершил поездку по Крыму и побережью Кавказа и составил первое описание рыб (94 вида) южно-русских морей. Однако в то время в Бессарабской, Херсонской, Екатеринославской и Таврической губерниях в промышленных масштабах добывали только один вид рыбы — скумбрию, называвшуюся здесь баламутом. Жители Крыма именовали ее также макрелью.

Через полвека после путешествия П.С.Палласа, в 1843 г., по поручению новороссийского генерал-губернатора графа М.С.Воронцова штабс-капитан Генерального штаба К.Р.Семякин составил первое описание рыбных промыслов в устьевом районе Дуная. К тому времени рыболовство здесь велось по принципу «откупного содержания» — откупщики (хозяева) лиманных и морских рыболовных участков давали возможность всем желающим ловить рыбу за плату (1/8 доля улова).



Петер Симон Паллас. Из фондов Красноярского краевого краеведческого музея.

Балаклавские греки и междуречье Дунай—Днепр

Во время Крымской войны 1853–1856 гг. в Балаклавской бухте был расквартирован греческий батальон, состоявший из крымских греков. Позднее батальон упразднили, а местечко Балаклава высочайшим повелением генерал-губернатора в 1859 г. было переведено в разряд заштатного города, «обществу которого» (тем же грекам) предоставили в пользование бухту. В результате со второй половины XIX в. именно балаклавские греки первыми на Черном море начали промышленный лов белуги, осетров и других массовых в то время видов рыб. В 1894 г. общий вылов только белуги на побережье Крыма уже составил 30 тыс. пудов (491 т). Для сравнения, в 1963 г. на Казантипе поймали всего 4,5 тыс. пудов (74 т) красной рыбы*.

В 1870 г. в районе Балаклавы был налажен промысел барабули, которую продавали в Симферополе, Ялте, Севастополе по 5 руб. за тысячу штук. Не менее серьезным видом промысла считался лов кефали. В 1860-х годах, например, в прибрежных водах от Каркинитского залива до Керчи стояло девять кефалевых заводов — устройств из сети на кольях, устанавливаемых на пути миграции рыбы. К концу века таких заводов насчитывалось уже 26, из них 14 — у западного побережья Крыма.

О высокой численности некоторых видов рыб в отдельные годы у берегов Крыма можно судить, например, по свидетельствам очевидцев событий того времени: «...сельдей в Феодосии случается иногда такое множество, что женщины собирают их руками по берегу моря и уносят домой столько, сколько каждая в состоянии с собой взять» [9]. В 1859 г. во время осенней миграции в Балаклавскую бухту в таком огромном количестве зашла хамса, что, по словам местных жителей, «не было видно воды» [3].

В 1863–1864 гг. по поручению Министерства государственных имуществ России инспектор сельского хозяйства Н.Я.Данилевский с двумя коллегами объехали побережье Азовского моря от Тамани до Керчи, а также побережье Южного берега Крыма и Анатолии с целью оценки состояния рыболовства у казаков Кубанского, Донского и Черноморского войск и населения северного и южного Причерноморья. Отчет о результатах экспедиции Данилевского, названный «Черноморское рыболовство», начинается с раздела «Незначительность рыболовства в Черном море сравнительно с прочими морями». В нем автор отмечает, что здесь, «не упоминая о рыбах, не употребляемых в пользу человека по их мелкости или по другим причинам, ни о тех, которые хоть и употребляются, но по своей чрезвычайной редкости, не имеют никакого

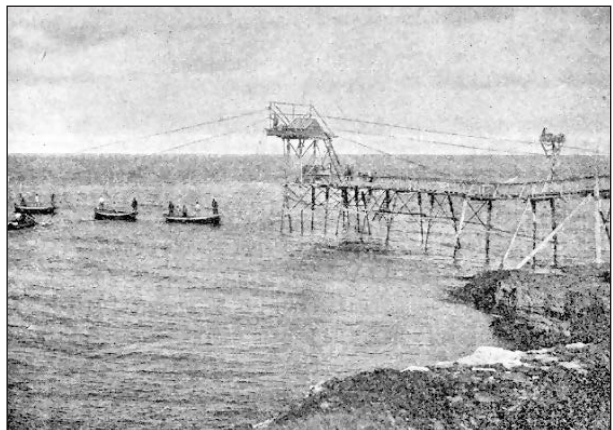
* Здесь и далее: полный список первоисточников данных о добыче рыбы и ее запасах, а также подробные сведения о динамике популяций см. в статьях автора [5–7].



Балаклавская бухта в конце XIX в.

промыслового значения, — насчитывается все еще от 50 до 60 пород, составляющих предмет более или менее значительного лова» [3].

Далее Данилевский описывает лов кефали, скумбрии, хамсы и красной рыбы в Балаклавской бухте. Основным орудием добычи кефали зимой был намет — круглая сеть с грузилами по периметру, забрасываемая в море с берега или с лодки, как лассо. За один замет в такой «колокол» попадало до 20 тыс. рыб. В конце лета и начале осе-



Кефалевый завод сегодня (фото А.Булли) и в 1902 г. [8].

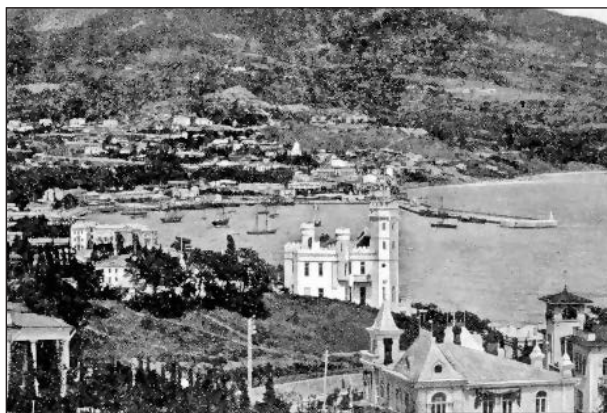
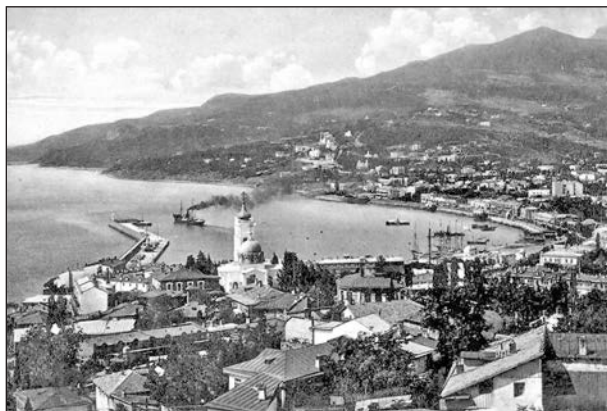


Николай Яковлевич Данилевский (1822–1885).

ни (август—октябрь) на южном побережье Крыма кефаль начинали ловить заводами, общий вылов таким способом составлял 3–4 млн штук в год. Камбалу-калкан (*Scophthalmus maeoticus*) зимой ловили у входа в бухту перемётами (подольниками) на крючья, а с марта на всем побережье до Ялты — ставными сетями. С июля к берегам Крыма «наваливала» скумбрия. Ее тоже ловили заводами. В 1866 г. два таких завода добыли «в три приема» 360 тыс. рыб, а «в некоторые годы вынимают и до полумиллиона штук скумбрий» [3].

К северу от Килийского гирла Дуная с января 1831 г. до января 1834 г. рыбная ловля была поделена на семь участков, отданных на откуп местным жителям. В дальнейшем их владельцами становились «сторонние люди» — сурожский (судакский) купец Широков (до 1847 г.), одесский купец Гедульд (до 1858 г.), каменец-подольский купец третьей гильдии Крайз (до 1863 г.). Общую добычу всех сортов рыбы (белуги, севрюги, осетра, сельди) в этом районе в 1867 г. Данилевский оценил в 150 тыс. пудов (около 2,5 тыс. т).

После окончания Гражданской войны «крючной промысел белуги в крупных центрах — Ялте, Феодосии — сократился в несколько раз, а в мелких прибрежных пунктах исчез совершенно». Но теперь это произошло по экономическим причинам — из-за отсутствия материала для изготов-



Виды Ялты с востока и запада в начале XX в.



Ялтинский мол и набережная в начале XX в.

ления перемётов. В результате «знаменитые зимние “слеты” белужников всего Крыма в Туаке, Кутлаке* и Копсели отошли в область предания» [10].

«У берегов Севастопольского градоначальства»

В 1890 г. граф В.Люксембург опубликовал в журнале «Вестник рыбопромышленности» статью «Очерк рыболовства у берегов Севастопольского градоначальства» в которой вслед за Данилевским констатировал, что черноморское рыболовство до середины XIX в. «как в сравнении с азовским, так и абсолютно было ничтожным». При этом в статье

* Кутлак и Туак существуют с 1520 г. Сегодня это крымские села Веселое (городской округ Судак) и Рыбачье (городской округ Алушта).

отмечалось, что «с тех пор многое изменилось и рыболовный промысел на Черном море возрос настолько, что с ним надо считаться как с важным в народном хозяйстве фактором, тем более что он может и будет возрастать, в особенности с постепенно происходящим упадком речного рыболовства, песенка которого у нас уже спета» [11].

По сведениям графа, в 1888 г. промышленный лов рыбы под Севастополем начался в августе и продолжался по апрель, а из 18 объектов добычи главными были скумбрия, кефаль, сельдь, хамса, камбала, султанка и красная рыба. Лов производили 100 рыбаков в Севастополе и 50 в Балаклаве. Принимал рыбу один завод в Стрелецкой бухте Севастополя и восемь заводов в Балаклаве и в бухте Ласпи. В августе начался ход кефалей (лобана и остроноса), в середине сентября подошла к берегу скумбрия, в октябре стали ловить мелкую кефаль (сингиля), камбалу, султанку. В начале марта

Таблица

Периоды традиционного отечественного лова рыбы в различных районах побережья Крыма в конце XIX – начале XX века [12]

Вид рыбы	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Керченский пролив												
Хамса												
Сельдь												
Скумбрия												
Султанка												
Бычки												
Осетровые												
Камбала												
Ставрида												
Сингиль*												
Лобан*												
Ялта-Феодосия												
Белуга												
Сингиль												
Лобан												
Камбала												
Сельдь												
Скумбрия												
Султанка												
Севастополь-Балаклава												
Белуга												
Кефаль												
Камбала												
Хамса												
Сельдь												
Скумбрия												
Чирус**												
Султанка												
Тарханкутский район (западный Крым)												
Осетр												
Кефаль												
Скумбрия												
Камбала												
Бычки												

* Виды кефали.

** Мелкая скумбрия.

добывали сельдь, а с появлением хамсы, с октября по апрель, начали ловить питающуюся ею красную рыбу (осетра, белугу, севрюгу, лосося). Суммарный вывоз рыбопродукции из Севастопольского градоначальства в том году составил 70 528 пудов (около 1.2 тыс. т).

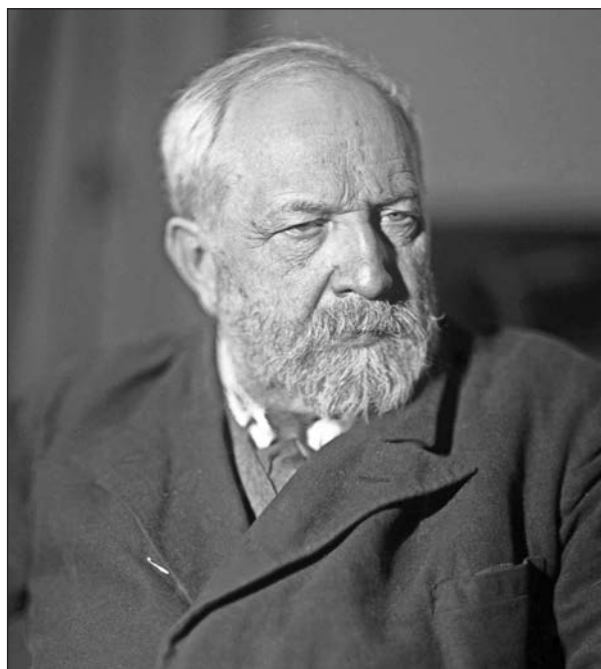
В заключительной части упомянутой статьи, написанной более 100 лет назад (!), автор впервые формулирует один из основных современных аргументов о необходимости разработки принципов рационального природопользования и государственного контроля за ведением промысла. Обращаясь к рыбопромышленникам и законодателям, граф отмечает, что успешность добычи рыбы зависит от многих природных факторов (ветра, течений, температуры воды). Однако «это такие препятствия, с которыми человек не в силах бороться; но главное зло коренится в самих тех способах, которые применяются к рыбной ловле; в них видны лишь проявления человеческого эгоизма и хищнические наклонности, на что и следует обратить особое внимание» [11]. Печальное предупреждение графа, к сожалению, оказалось пророческим.

Результаты «человеческого эгоизма и хищнических наклонностей»

К началу XX в. «взлет» черноморского рыболовства продолжался. На побережье Крыма ежегодно вылавливали от 20 до 27 тыс. т рыбы. При этом здесь повсеместно стал развиваться промысел «малоценного» массового пелагического вида — хамсы. Статистика 1906–1913 гг. свидетельствует, что из всей вывозимой за пределы Крыма рыбы этот вид стоял на первом месте — 450–500 тыс. пудов (около 8 тыс. т), или 41–45% всего крымского улова. Из них Керчь производила 50–60% суммарной продукции, Севастополь-Балаклавский район — 25–30%, а Феодосийский — 15–20%. Таким образом, *промысловый лов хамсы, начавшийся только в 1890-х годах, за 20 лет вышел на первое место в России по весу улова среди всех видов черноморского рыболовства*. Второе место по весу и первое по стоимости улова в дореволюционной России занимала сельдь: ее вылавливали 3.3 тыс. т в год, из них 2.5–2.6 тыс. т — в Керченском проливе.

В 1902–1904 гг. по решению Таврического земства Сергей Алексеевич Зернов повторно исследовал состояние рыболовства в прибрежных черноморских водах России. Результаты своей работы он публиковал в течение 1902–1913 гг. во многих отчетах и научных трудах. По этим сведениям, общий вылов рыбы в Азово-Черноморском бассейне составил уже более 44 тыс. т.

До начала Первой мировой войны уловы камбалы у побережья Крыма достигали 500–600 т/год, а всего в черноморских водах России ежегодно добывалось 2 тыс. т этой рыбы. Общая добыча кефали достигала 1.3–1.4 тыс. т/год, из которых по-



Сергей Алексеевич Зернов (1871–1945).

ловину давал Тарханкутский район. В Керченском и Севастополь-Балаклавском районах ежегодно вылавливали такое же количество барабули. По западному и южному берегам Крыма успешно добывали скумбрию (до 1.2 тыс. т/год), а также до 655 т/год красной рыбы. Только в Керченском районе ловили до 1.2 тыс. т бычков (3/4 суммарного вылова). Общий вылов ставриды, пелагиды и прочих ценных, но малочисленных в то время видов рыб составлял 655–820 т/год.

Но успехи рыбаков продолжались недолго. Из-за отсутствия правил рыболовства и преобладания частного бесконтрольного промысла ежегодный вылов рыбы в Черном море вскоре сократился с 47 до 10 тыс. т, а в Азовском в 1913 г. он уменьшился по сравнению с 1893 г. почти в три раза — с 90 до 35 тыс. т. В 1908–1913 гг. в прибрежных водах западной и северо-западной частей моря, у побережья Крыма и на востоке по причине нерациональной добычи (в период нереста) катастрофически сократился промысел скумбрии. С 1914 г. из-за резкого снижения запасов перестали добывать устриц, которых ранее на банках северо-западного шельфа (Каркинитский и Джарылгачский заливы) в Севастопольской бухте и на побережье Кавказа (Гудаута) добывали от 5 до 12 млн штук.

Промысел в руках государства

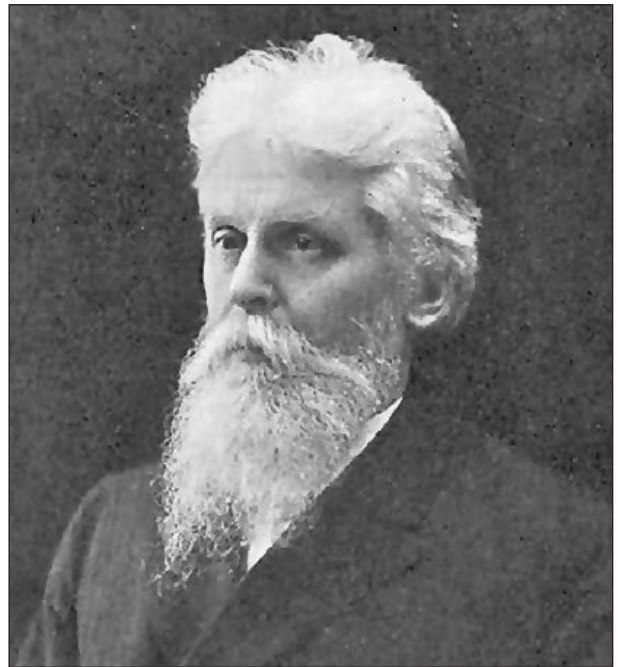
После революции все рыбные угодья и рыбопромышленные предприятия России были национализированы. Уже осенью 1917 г. в Керчи появилось первое в стране государственное рыболовное хо-

зайство. На его основе в 1920 г., после присоединения Крыма к РСФСР, было организовано Керченское областное управление по рыболовству. 9 декабря 1918 г. постановлением Высшего совета народного хозяйства и Народного комиссариата продовольствия РСФСР при комиссариате было организовано Главное управление по рыболовству и рыбной промышленности («Главрыба»). Российское рыболовство вступило в новую фазу развития. «...Все прежние правовые и экономические основы рухнули, новые только еще намечены, но не успели окончательно определиться. ...Провозглашение и твердое проведение в жизнь принципа национализации всех рыбопромысловых водных угодий... предоставляет широчайшие возможности... к организации всего рыбного хозяйства страны на рациональных началах», — так писал в 1923 г. председатель Научного рыбного бюро управления «Главрыба» РСФСР В.И.Мейснер [13].

Законодательными актами Совета народных комиссаров «Об охране природных богатств» и «Об охране рыбных и звериных угодий в Северном Ледовитом океане и Белом море» (1919–1922) на «Главрыбу» было возложено «повсеместное регулирование рыбного промысла путем издания технических правил, устанавливающих заповедные для рыболовства места, запретные орудия лова, и контроль за выполнением этих правил» [13]. При жизни В.И.Ленина в РСФСР, а затем в СССР издано 234 декрета и других распоряжений природоохранительного содержания, из них 90 подписаны им лично.

Во второй половине 1922 г. на базе Керченской ихтиологической лаборатории формируется Азово-Черноморская научно-промысловая экспедиция, работавшая до 1928 г. под руководством профессора, основателя советской рыбопромысловой науки Николая Михайловича Книповича. Сотрудники лаборатории стали отмечать факты восстановления некоторых почти полностью уничтоженных в Азовском море видов. Однако Гражданская война и иностранная интервенция существенно затормозили развитие рыбной промышленности молодого советского государства. В 1922 г. зоолог и гидробиолог Иван Иванович Пузанов, производя заготовки рыбы в районе Ялты, констатировал здесь «почти полное падение крючного промысла на красную рыбу». Причина кризиса здесь, в отличие от Керченского района, состояла не в бесконтрольном лове, а в экономических последствиях Гражданской войны: рыболовству мешала, например, «полная невозможность доставить английской шворки (веревки. — Д.Ф.), из коей изготавливается перемет...» [10].

Даже в 1929 г., когда в стране было выловлено 9,3 тыс. т рыбы, ее добыча не достигла довоенного уровня — 10,7 тыс. т. Кроме того, новые решения советской власти по охране рыбных богатств с трудом реализовывались на практике. После окончания Гражданской войны в РСФСР началось



Николай Михайлович Книпович (1862–1939).

не менее хищническое, чем в царской России, уничтожение рыбных богатств бассейна. Об этом свидетельствует выписка из письма Ленина в Народный комиссариат Рабоче-крестьянской инспекции от 5 декабря 1922 г., опубликованная в 1934 г. в журнале «Рыбное хозяйство»: «Мне сообщили, что в результате сильного ослабления рыбного промысла во время войны в Азовском море вновь появилась в промысловом количестве тарань, утерявшая было вследствие хищнического лова значение промысловой рыбы. Появилось также много молоди рыбы осетровых пород, в том числе почти переведшейся белуги. Но, с одной стороны, тотчас начался неудержимый, ничем не ограничиваемый хищнический вылов молоди осетровых рыб, который может быстро аннулировать благоприятное влияние войны. С другой стороны, в низовьях Дона якобы творилось, а может быть и творится, нечто невообразимое. В виде примера мне сообщили, что даже охрана вод Донпродкома производила хищнический лов рыбы на запретной зоне, причем за разрешение лова в запретных водах существовал особый род таксы — от 400 до 500 миллионов рублей за одно притонение (заброс невода. — Д.Ф.). Начальник охраны вод Донпродкома был отстранен от должности за хищнический лов рыбы в низовьях Дона. Этого господина только отстранили от должности. Нужно узнать, где он, и проверить посерьезней, достаточно ли он наказан. <...> Следует не только припугнуть, но и как следует притянуть и почистить за эти безобразия» [14].

В 1921 г. при Керченском областном управлении по рыболовству начала работу ихтиологичес-

кая лаборатория, а к 1923 г. она уже имела на побережье Керченского пролива и Тамани пять наблюдательных пунктов (три на проливе и два на Кубани). Первый заведующий лабораторией А.И.Александров опубликовал обзор «Крымское рыболовство», где было отмечено существование «многих дефектов в крымском рыболовном промысле» [12]. «Общее обезрыбление бассейна», проявившееся уже в 1920-е годы в «переходе в категорию почти раритетов» стерляди в Азово-Черноморском бассейне; тарани и шемаи у крымских берегов, тарани, камбалы и леща в Азовском море, а также в превращении сельди-пузанка и красной рыбы из «важнейших промысловых объектов в разряд второстепенных по стоимости улова», по мнению Александрова, происходило, потому что, «в отличие от заграничного — чисто морского», отечественное рыболовство традиционно локализуется «в устьях рек, предустьевых пространствах и вблизи берегов». Происходит «интенсивный вылов рыбы именно в те моменты, когда она скопляется в массах для размножения, выкорма или зимнего залегания, и при том вылов самый нерациональный, не считающийся с результатами, которые могут при этом произойти». Автор полагал, что лов должен производиться в соответствии с установленными нормами. «Не то мы наблюдаем в Азово-Черноморском бассейне (исключая казачьи воды) и, в частности, по Крымскому побережью, где до революции никогда не существовали законодательные нормы, регулирующие промысел, и где лов производится в любое время и любыми орудиями». Выход из сложившейся ситуации Александров видел в «концентрации промысла в руках одного владельца — государства».

Справедливости ради следует заметить, что еще в 1871 г. Данилевский упоминал о существовании у казаков временных правил «О свободном рыболовстве в водах, Черноморскому войску принадлежащих», составленных казацким генералом Хомутовым и утвержденных 2 февраля 1855 г. Военным министерством России.

Наконец 6 июля 1929 г. Правительство СССР издало постановление «О мероприятиях по расширению добычи рыбы», направленное на быстрое восстановление и развитие рыбного хозяйства страны на основе его индустриализации и коллективизации рыбаков рыбопромышленных районов. С 1929 по 1935 г. в рыбную отрасль было вложено 700 млн руб. Стали развиваться моторно-рыболовные станции, они оснащались современными судами и механизмами для лова, транспортировки и переработки рыбы. К началу 1935 г. в рыбопромысловых районах было коллективизировано 86% рыбацких хозяйств. Количество рыбколхозов в стране достигло 910, из них 856 находились в районах большого рыболовства (Каспий, Дальний Восток, Север).

Развитие отечественного рыболовства происходило за счет совершенствования орудий лова, осво-

ения запасов хамсы и обнаруженных с помощью авиаразведки новых промысловых объектов — дельфинов и пелагиды, начала научного обеспечения промысла, а также внедрения круглогодичного экспедиционного лова в открытом море.

Несмотря на рыбное богатство крымских вод, основным районом отечественного промысла в Черном море после Гражданской войны был северо-западный шельф. Величины уловов здесь изменялись от 10.1 тыс. т (1927 г.) до 22.3 тыс. т (1935 г.), что составляло от 32.6 до 74.4% всего черноморского промысла страны.

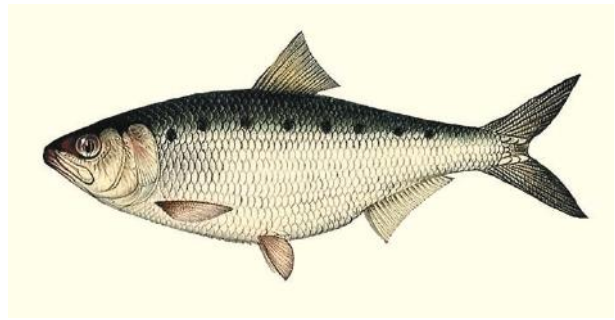
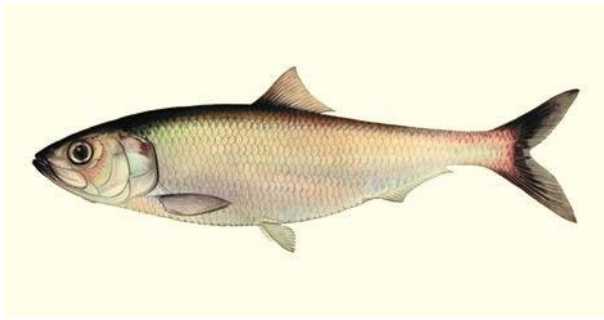
Кроме того, присоединение Бессарабии к СССР обогатило отечественную рыбную промышленность на Черном море новым рыбопромысловым районом, расположенным в пределах Аккерманской области. В его состав вошли участок Черного моря от Днестровского лимана до Дуная, река Дунай с левобережными плавнями, пресноводные озера Измаильского района, приморские солоноводные лиманы, отделенные от моря узкими косами-пересыпями (Шаболат, Бурназ, Алибей, Шаганы, Сасык), Днестровский лиман и нижнее течение Днестра и Прута с плавнями, а также нижнее течение Прута с его левобережными плавнями.

Из проходных рыб в этих районах промысловое значение имели осетровые и сельди, из морских — кефаль, скумбрия, ставрида, пелагида, камбала-калкан, камбала-гlossa, хамса, бычки и др. На опресненных участках ловили тюльку, но особо важное место занимал промысел осетровых и сельди в предустьевой части Дуная и прилегающих районах Черного моря, а также добыча кефали в приморских соленых лиманах.

В результате всех этих мероприятий и событий отечественная среднегодовая добыча рыбы в Черном море составила 35 тыс. т (что примерно равнялось сумме уловов всех остальных черноморских стран), а рыболовная продуктивность моря достигла 2 кг/га. Лидирующее положение в промысле заняли морские виды (68.5%), а доля пресноводных и проходных снизилась почти в два раза. При этом более трети уловов (34.2%) приходилось на хамсу [15].

Проблемы азово-черноморской сельди

В Черном море обитает несколько видов рыб из многочисленного семейства сельдевых, отнесенных академиком Карлом Максимовичем Бэром к роду *Alosa*. В отличие от сельдей другого рода — *Clupea*, живущих в соленой воде северных морей, нерест представителей рода *Alosa* протекает в пресной речной воде. Эти рыбы имеют ряд внешних особенностей: характерное углубление в верхней челюсти, зубы на внутренних частях рта, пилообразно-зубчатый брюшной край тела, ряд черных круглых пятен, расположенный от жаберных крышек до хвоста.



Азово-черноморская сельдь донской популяции — русак (слева) и пузанок.

Здесь и далее фотографии предоставлены автором

Известны две черноморские популяции *Alosa* — северо-восточная (донская) и северо-западная (дунайско-днепровская). В первой половине XX в. основу (80%) промысла сельдей в Черном море составлял один из трех подвидов донской популяции — русак (*Alosa immaculata*). На два других вида — азовскую (*Alosa maeotica*) и пузанок (*Alosa tanaica*) приходилось по 10% суммарной годовой добычи.

В донской популяции различают крупную (до 30–39 см) и мелкую (до 20–21 см) формы. Крупная сельдь быстрее растет, более холодолюбива, раньше идет в реки на нерест и поднимается выше по течению. Она становится половозрелой в возрасте 3–5 лет, а живет до 6 лет. Сельдь донской популяции зимует в Черном море, главным образом у берегов Кавказа. Широкая география жизненных циклов определяет тот факт, что азовской или керченской называют сельдь, добываемую в Азовском море и Керченском проливе. В действительности же место ее рождения — Дон и другие реки, впадающие в Азовское море (кроме быстроводной Кубани), а также лиманы и бухты Таганрогского залива. В течение жизни этот вид держится попеременно то в Черном, то в Азовском море.

В конце 19-го столетия в Керченском проливе промысел сельди был основным видом рыболовства. Сельдь добывали только у крымского берега пролива на трех участках: на Еникальской косе, принадлежавшей г.Керчи, в Камыш-Бурунской бухте, находящейся в собственности у помещицы Оливы, а также у дер.Эльтиген, которой владела семья Гурьевых.

Сельдь в Керченском проливе обычно ловили осенью. В этот период здесь велся знаменитый *сельдяной лов* [3]. Рыба начинала миграцию из Азовского моря в Черное и перемещалась вдоль

черноморского побережья на запад до Феодосии и на восток до Батуми. В первой трети сентября в северной части пролива (Еникале, Опасное) появлялась первая сельдь — *снетковая*, или *двухлетка*. Так, в 1863 г. по всему проливу было поймано до 500 тыс. штук снетковой сельди, а всего в этом не самом удачном году в проливе поймали 2.6 млн рыб. С середины октября в проливе появлялся *пузанок* — сельдь-трехлетка, а за ним следовала крупная четырехлетка, которую на Дону называли *мерной*. Ее ход длился до появления в воде *ледяного шороха* (шуги). В северной части пролива лов после этого прекращался. В более теплой южной части рыба задерживалась, и при ветрах южной четверти часто возвращалась в пролив, где ее интенсивно вылавливали в районе Эльтигена и в Камыш-Бурунской бухте. С середины ноября и до конца зимы сельдь начинали ловить в Феодосии, а также на восточном побережье Черного моря — в бухтах Анапы, Новороссийска, Пицунды. В Сухумской и Батумской бухтах сельдь появлялась в середине декабря и ловилась весь январь и февраль. В марте

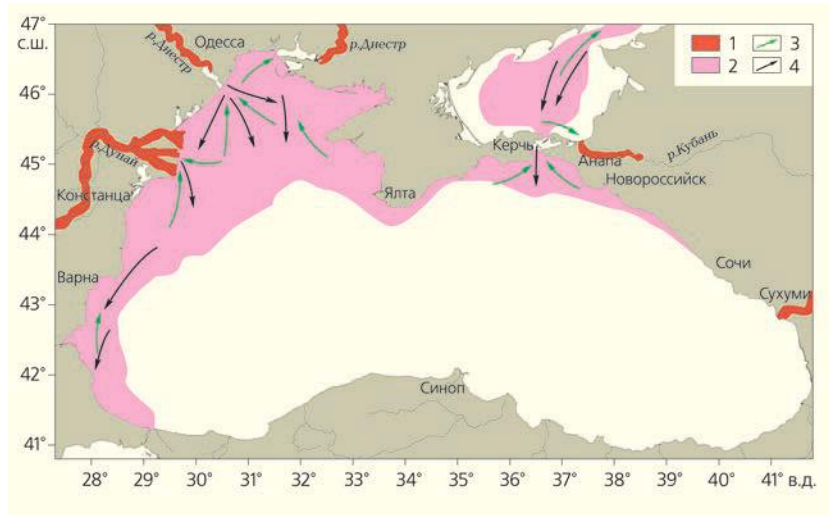


Схема жизненного цикла сельди донской и дунайско-днепровской популяций в Черном море [16]: 1 — нерест в реках; 2 — нагул на шельфе; 3, 4 — весенние и осенние миграции.



Керченский пролив: районы развития осеннего сельдяного лова.

рыба возвращалась в Азовское море, и уже с апреля ее промысел велся по лиманам и косам Таганрогского залива, а с мая продолжался в устье Дона и длился не дольше месяца.

По суммарному весу тысячи рыбин промысловую сельдь на Дону делили на четыре разряда: *пластунец* (20–25 фунтов), *пузанок* (1.5–2 пуда), *тачковая* (до 3.5 пудов) и *мерная* (5–6 пудов). Последняя делилась на разряды *буркунец* и *бешак*. Так назывались сельди-пятiletки, избежавшие вылова в Керченском проливе при возвращении весной в Азовское море. После нереста в Дону эта рыба осенью возвращалась в пролив и называлась здесь *залом*. Длина мерной сельди должна была быть более четырех вершков (17.8 см) от глаза до начала хвостового плавника, у залома она превышала

шесть вершков (26.7 см). Тысяча экземпляров сельдей-шестилеток весила до 9–10 пудов.

Традиционными орудиями лова сельди на косах Керченского пролива в 1920–1930-х годах были *сельдяные тягловые неводы*. Их длина достигала 650 м, ширина (высота) составляла 6 м. Управлялись с такой сетью от 10 до 25 рыбаков. За один залов в Камыш-Бурунской бухте могли добывать 300–400 тыс. сельдей. В 1863 г. только в декабре здесь было поймано 900 тыс. штук мерной и 200 тыс. штук более мелкой сельди. В уловистые годы в Камыш-Буруне добывали до 7, в Еникале — до 2.5, в Эльтигене — до 0.5 млн рыбин. В Феодосии в «урожайные» годы уловы сельди составляли 1.5 млн штук.

С 1925 по 1937 г. на косе Тузла работало от восьми до 20 неводов, добывавших 230–570 т сельди в год. На Камыш-Бурунской косе количество неводов не превышало 10, но при этом средние уловы на один невод (50–90 т) до 1932 г. в 2–3 раза превосходили уловы на Тузле, а суммарный годовой вылов (320–800 т) был выше в 1.5–2 раза.

В Керченском проливе максимум добычи сельди в 1931–1935 гг. (60% годового улова) приходился на осень (сентябрь–декабрь), а в летние (июнь–август) и зимне-весенние (январь–май) месяцы ловили по 19.2 и 20.8% соответственно. При этом максимально жирная рыба (до 22% жира) добывалась в районе Новороссийска и в проливе в апреле и мае при миграции в Азовское море. Самая крупная сельдь (средняя длина 21 см, вес 111 г) ловилась в проливе осенью при выходе на зимовку в Черное море, а также зимой в бухтах восточной части Черного моря.

Выловленную рыбу солили очень грубо — в отличие от *голландского посола*, не отделяя жабры и не извлекая кишки. После двух недель засолки в бочках сельдь грузили на телеги, пересыпая слои рыбы солью для досолки в пути, и отправляли по Арабатской косе в юго-западные губернии и отчасти в Курскую и Орловскую — основные рынки сбыта соленой рыбы. На одноконную телегу грузили не более 3 тыс., а на тройку — 7 тыс. штук сельдей и 500 штук лишних *на растрату* (взятки) по пути. Это составляло от 50 до 70 пудов на воз. В Харькове пуд сельди стоил



Сельдь пластунец (вверху) и залом.

75–90 копеек. Удачный годовой улов сельди (до 10 млн штук) стоил, таким образом, от 100 до 150 тыс. руб.

К началу XX в. количество *солильных заведений* в Керчи увеличилось с 28 (1891 г.) до 87 (1902 г.) из которых 56 стали крупными предприятиями. Один из самых больших на Азовском море рыбных заводов располагался на мысе Казантип и принадлежал купцу Серикову. Здесь были устроены *холодники* — специальные ледники для хранения соленой рыбы и икры.

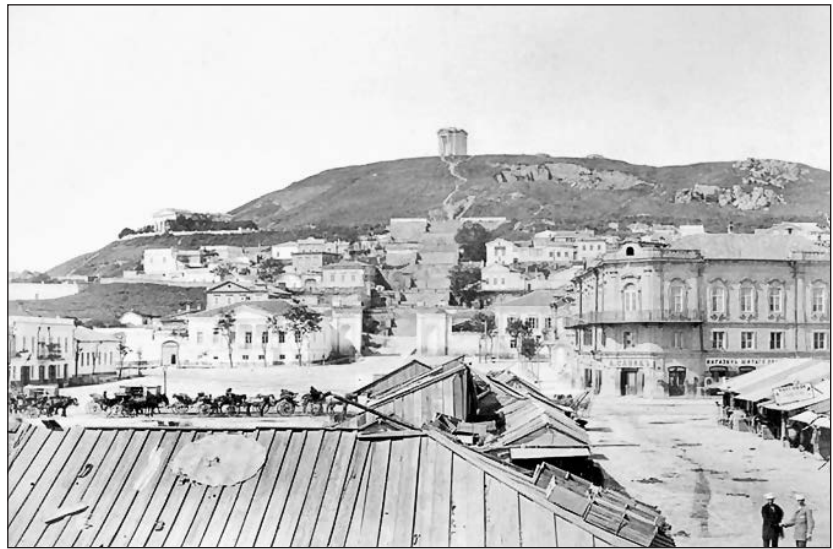
В отдельные довоенные годы (1932, 1933) добыча сельди донского стада в северо-восточной части Черного моря достигала 8–10 тыс. т при средней ежегодной величине улова в 2.7 тыс. т. Для нереста рыба поднималась в Дон до 567 км от устья, проходя в сутки от 24 до 48 км. Но в 1952 г. появилось Цимлянское водохранилище, были возведены Кочетовский, Константиновский и Николаевский гидроузлы. Резко ухудшилась экологическая обстановка в северо-восточной части Черного моря, в зонах нагула донской популяции сельди. Это привело к сокращению ее нерестовых ареалов и запасов. Вылов сельди стал сокращаться и в 1960–1970 гг. уже не превышал 1 тыс. т. К 1990 г. он сократился до 150 т. По этой причине в 1994 г. промысел сельди в России запретили. В результате к 2006 г. запас промысловой части популяции донской сельди увеличился в четыре раза и составил 640 т.

После сокращения популяции сельди донского стада во второй половине XX в. (1970–1980-е годы) основу промысла азово-черноморской проходной сельди в Черном море стали составлять рыбы дунайско-днепровской популяции [17].

В зимнее время дунайско-днепровская сельдь рассредоточена и интенсивно питается у берегов Крыма, Румынии и Болгарии. В феврале–марте она начинает мигрировать на нерест к побережью. С марта по май при температуре воды 4–6°C заходит в дельты Дуная и Днепра и нерестится здесь со второй половины апреля до конца июля (максимум нереста — май при температуре воды 10–15°C). Икра сельди выносится течением в море, где с конца апреля по август (максимум — в мае–июле) появ-

ляются личинки, а в июле–сентябре — молодь. Длина рыб двухлеток — 21–23.5 см, трехлеток — 24.4–26.6 см, четырехлеток — 27.6–29.4 см, а семилеток — 35.2–40 см.

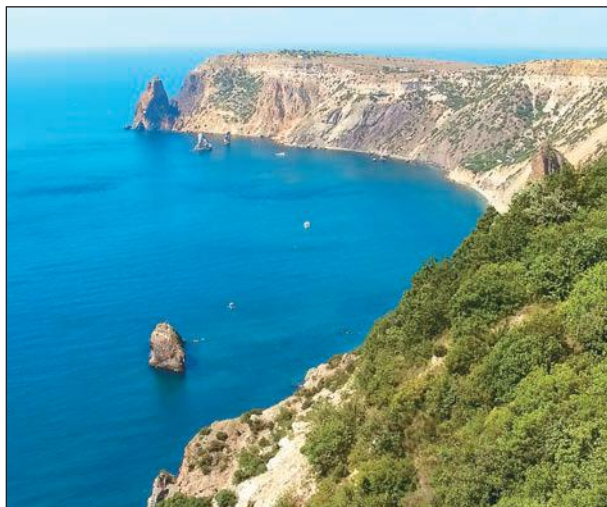
Продолжительность нерестового хода сельди составляет 100–130 сут. Заканчивается он обычно в начале июля при температуре воды 19–22°C. Нагул в приустьевых участках Дуная и вдоль побережья Румынии и Болгарии происходит в осенне-зимний период. В июле неполовозрелые особи севастопольского стада, относящегося к дунайско-днепровской популяции, отходят от берегов Крыма для нагула в Каркинитский залив и другие районы северо-западного шельфа. Молодь трехлетнего возраста в это время нагулива-



Центральная часть Керчи в конце XIX в. На переднем плане — Предчеченская площадь и рыбный базар.



Керченский рыбный причал в конце XIX в.



Мыс Фиолент.



Схема жизненного цикла азово-черноморской проходной сельди севастопольского стада [17]: 1 — районы нагула; 2 — место зимовки; 3 — направление весенней миграции.

ется в прибрежной зоне юго-западного Крыма, нагульных миграций не совершает и в конце октября и в ноябре откочевывает на зимовку в район мыса Фиолент на глубины 80 м.

Промысел «бородатой» рыбы — барабули или султанки

Барабуля (*Mullus barbatus ponticus*) — рыба из отряда окуневых, семейства барабулевых. Встречается в Черном море повсеместно. Название этой небольшой ценной промысловой рыбы происходит от трансформированного турками латинского слова *barbus* — «борода». За длинные усы-локаторы на нижней челюсти и яркий, отливающий золотом цвет барабуля получила свое второе имя — *султанка*, ибо такие роскошные усы и богатый наряд могли быть только у повелителя мусульман.

Мясо барабули и ее нежный, ароматный жир обладают исключительными вкусовыми качествами. Недаром рыба считалась большим деликатесом у аристократов древнего Рима — крупные экземпляры (более 30 см) оплачивались равным им по весу количеством серебра.

Султанка обитает в придонных слоях воды, избегая распресненных участков, при температуре выше 8°C и солености до 17–18‰. Может достигать в длину 30 см и жить до 12 лет. Половозрелость наступает на втором году жизни. Нерест происходит с июня по сентябрь с максимумом в июле. Первые дни жизни икринки проводят в поверхностном слое моря. По этой причине они очень уязвимы к пленочному нефтяному загрязнению.

Выделяют два стада барабули: *жилое* — распространенное по всей периферии моря, и *мигрирующее* — обитающее в районе Босфора, у побережья Болгарии, Румынии (юго-западное, или *босфорское*), Крыма (*крымское*) и Северного Кавказа (*кавказское*). Особи жилого стада не совершают вдольбереговых миграций, а при смене сезонов двигаются только по нормали к берегу — весной на мелководье для нереста и летнего нагула, а осенью — на мористые участки шельфа для зимовки. Зимует барабуля при температуре воды 8–9°C у побережья Турции от границы с Болгарией до Синопа и Трабзона, а также в районе Крыма, у берегов Кавказа и Грузии. При этом более крупная рыба обитает на глубинах до 50 м, а мелкая — до 80 м.

Особи мигрирующего кавказского стада барабули нерестятся и нагуливаются в Керченском проливе и Азовском море. Босфорская рыба весной смещается к северу от Босфора к болгарскому побережью и следует далее в северо-западную часть моря. Нерест и нагул крымской барабули протекает в Каркинитском заливе.

Нерестовые и нагульные весенне-летние миграции рыба кавказского стада совершает с конца мая по июнь в узкой (5–10 миль) прибрежной зоне на глубинах не более 20 м при температуре воды 10–18°C. Особенно ярко ее ход выражен в районе от Новороссийска до Анапы и мыса Панагия.



Черноморская барабуля.

Нерест проходит в поверхностном двадцатиметровом слое воды при температуре 15–24°C и солености 13–17‰ с июня по сентябрь с максимумом в июле. Икра — пелагическая, при температуре воды 23–24°C развивается в течение 1.5 сут. Обратные зимовальные миграции начинаются в сентябре—октябре на глубинах 35–40 м при остывании воды до 14–17°C.

Нерест барабули жилого стада происходит в десятимильной прибрежной полосе вдоль всего побережья Черного моря от Батуми до Каркинитского залива на удалении от 4 до 20 миль от берега в зависимости от ширины шельфа (до свала глубин).

В дореволюционной России (1906–1913) в Керченском и Севастополь-Балаклавском районах местные рыбаки прибрежными орудиями лова на глубинах до 5–7 м добывали ежегодно по 1.5 тыс. т барабули. После Гражданской войны и в 1930–1940 гг. добыча в прибрежной зоне Крыма сократилась до 200 т/год, и до начала 1950-х годов промышленный лов этой рыбы в Крыму вообще организован не был.

В первые годы после Великой Отечественной войны грузинские рыбаки продолжали добывать султанку в водах Кавказа. Этот промысел давал от 6 до 8% суммарного улова Грузии. Основными его районами были побережье Абхазии (Сухуми), район Поти и Аджария (Батумская бухта). При этом 95% уловов приходилось на абхазские бухты — Скурчинскую, Сухумскую, Пицундскую и Пиленковскую. Общий вылов барабули в этих районах в 1949 г. составлял чуть больше 200 т/год.

Султанку ловили по старинке — на мелководье, ставными и закидными неводами. Промысел базировался на запасах местной, кавказской, султанки,

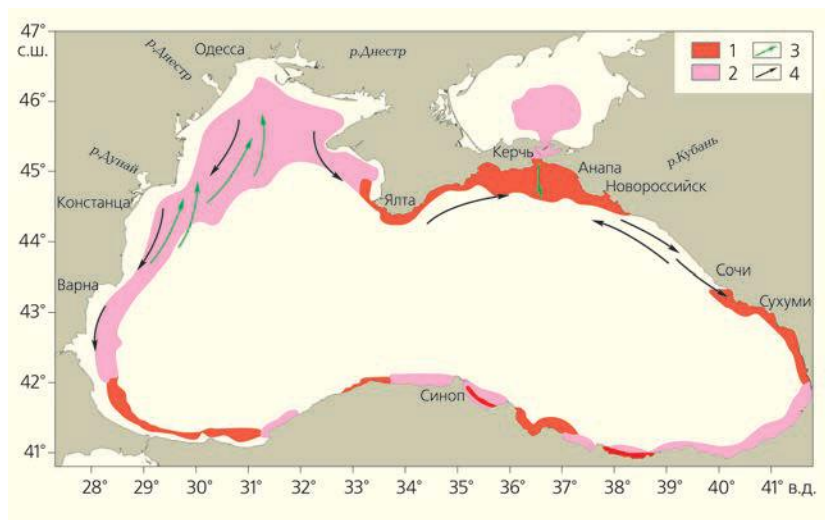
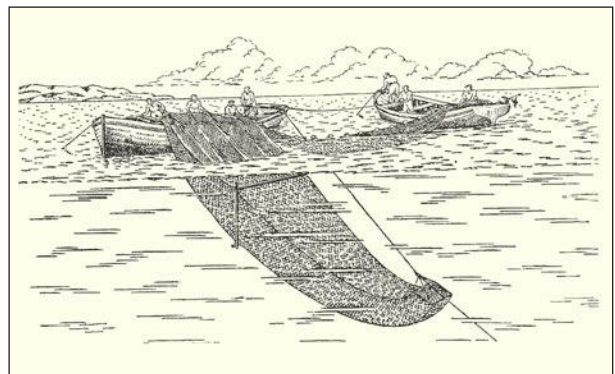
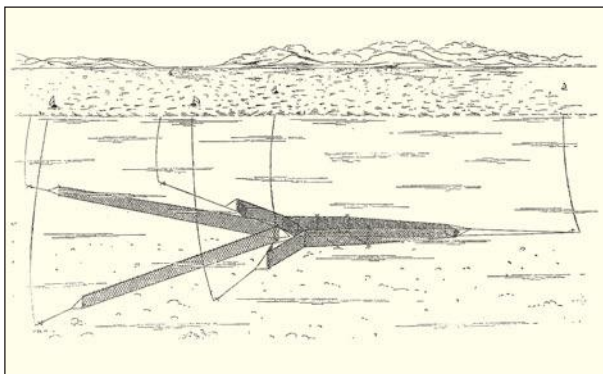


Схема жизненного цикла черноморской султанки [16]: 1 — зимовка; 2 — нерест, нагул; 3, 4 — весенние и осенние миграции.

которую рыбаки называли *головатой*, так как она отличалась от *ходовой*, керченской, большой головой. С конца апреля до конца июня начинался весенний обратный ход (с юга на север) керченской султанки. В этот период ее ловили вместе с местной до лета, после чего промысел прекращался на два месяца до сентября — начала очередного осеннего подхода рыбы с севера.

В 1946 г. научный сотрудник Азово-Черноморского научно-исследовательского института морского рыбного хозяйства и океанографии (АзЧерНИРО), Н.Н.Данилевский (сын знаменитого исследователя) сконструировал для лова барабули специальный донный ставной невод — *барабулечный ставник*. Сначала он применялся в водах Грузии, а с 1948–1949 гг. — в Краснодарском крае, под Адлером. Осенью 1950 г. здесь было установлено 43 таких ставника, ими добыли 86% годового улова барабули у берегов Северного Кавказа. В 1951 г. адлерские рыбаки пятью ставниками к 10 ноября выловили рекордное количе-



Донный барабулечный ставник Данилевского с дополнительными короткими крыльями (слева) и его механизированная выборка с помощью лебедки [18].

ство барабули — 95 т. Уловистость донного ставника оказалась в 5–6 раз выше, чем у традиционных орудий прибрежного лова. В районе Утриша, например, в течение дня (две переборки ставника) было выловлено 9 т барабули. С 1946 по 1950 г. ее годовые уловы у северокавказских берегов Черного моря увеличились в шесть раз.

Если до 1950 г. основу годовой добычи барабули в водах северокавказского побережья составлял ее весенний лов, то после внедрения ставников Данилевского на первое место вышел осенний промысел. Он составил здесь 93% годового. Ежегодный вылов барабули к началу 1950-х годов увеличился до 2.5–3 тыс. т. Это дало повод для строительства по побережью Кавказа специализированных заводов для производства из барабули консервов «сардина».

Весенний и осенний ход барабули вдоль побережья Северного Кавказа происходит на глубинах от 5 до 50–60 м. При этом максимальная плотность мигрирующих косяков отмечается вдоль *канав* — свалов глубин с уклоном дна 20° и более. В сентябре 1953 г. для поиска таких мест был впервые применен эхолот. На судне «Луч» сотрудники Новороссийской биологической станции Ростовского университета выполнили батиметрическую съемку (60 разрезов) в прибрежной зоне. По ее результатам были рекомендованы конкретные места

установки донных барабулечных ставников. Они располагались в водах Грузии (Батумская, Сухумская, Пицундская и Гагринская бухты), Северного Кавказа (районы Адлера, Туапсе, Новороссийска, Утриша и Анапы), Крыма (районы Феодосии, Балаклавы и Отлеша) и Керченского района (поселки Чигини и Жуковка).

В период пика добычи барабули (1948–1953) ежегодный вылов СССР изменялся от 0.9 до 43.8 тыс. т (в среднем — 2.4 тыс. т/год). Из них 32% приходилось на Черное море, 30% — на Керченский пролив и 30% — на Азовское море. Но после 1954 г. по экологическим причинам запасы султанки катастрофически сократились. В 1961–1970 гг. ее ловили уже от 90 до 400 т (в среднем не более 200 т/год). В конце 1970-х годов суммарный вылов султанки всеми черноморскими странами составлял около 3.2 тыс. т, из которых 95% добывала Турция, а остальное — СССР, Румыния и Болгария. К 1980 г. вылов Турции также сократился почти в два раза. Румыния и Болгария промысел прекратили, а СССР продолжал добывать около 180 т/год. В начале XXI в. Россия вылавливала в Черном море от 45 (2002) до 170 т (2003) султанки [19], а ее запасы в конце XX в. оценивались в 700 т.

**Окончание
в одном из следующих номеров**

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда (проект 14-50-00095).

Литература / References

1. *Расс Т.С.* Регион Черного моря и его продуктивность. Вопросы ихтиологии. 2001; 41(6): 742–749. [*Russ T.S.* Black Sea region and its productivity. Journal of Ichthyology. 2001; 41(6): 742–749. (In Russ.)]
2. Промысловые биоресурсы Черного и Азовского морей. Ред. В.И.Еремеев, А.В.Гаевская, Г.Е.Шульман, Ю.А.Загородняя. Севастополь, 2011. [Biological resources of the Black Sea and Sea of Azov. Eds V.N.Eremeev, A.V.Gaevskaya, G.E.Shulman, Ju.A.Zagorodnyaya. Sevastopol, 2011. (In Russ.)]
3. *Данилевский Н.Я.* Исследование о состоянии рыболовства в России. 8. Описание рыболовства на Черном и Азовском морях. СПб., 1871. [*Danilevsky N.Ya.* Research on the state of fisheries in Russia. 8. Description of fishing in the Black and Azov Seas. St.Petersburg, 1871. (In Russ.)]
4. *Заика В.Е.* Черноморские рыбы и летопись их промысла. Севастополь, 2008. [*Zaika V.E.* Black Sea fish and the chronicle of their fishing. Sevastopol, 2008. (In Russ.)]
5. *Фащук Д.Я., Куманцов М.И.* География рыбного промысла Российской империи на Черном море. Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2016; 4: 128–139. [*Faschbuk D.Ya., Kumantsov M.I.* Fishery Geography of the Russian Empire in the Black Sea. Izvestiya RAN. Seriya geograficheskaya. 2016; 4: 128–139. (In Russ., Abstr. In Engl.)] Doi:10.15356/0373-2444-2016-4-128-139.
6. *Фащук Д.Я., Куманцов М.И.* Рыбный промысел Советской России и СССР в Черном море в первой половине XX века. Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2017; 1: 147–160. [*Faschbuk D.Ya., Kumantsov M.I.* Fishery in Soviet Russia and the USSR in the Black Sea in the first half of the 20th century. Izvestiya RAN. Seriya geograficheskaya. 2017; 1: 147–160. (In Russ., Abstr. in Engl.)] Doi:10.15356/0373-2444-2017-1-147-160.
7. *Фащук Д.Я., Куманцов М.И.* Рыболовство СССР в Черном море во второй половине XX века: период расцвета (1950–1988). Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2018; 2: 86–102. [*Faschbuk D.Ya., Kumantsov M.I.* Fishery of the Soviet Union in the Black Sea in the second half of the 20th century: period of prosperity (1950–1988). Izvestiya RAN. Seriya geograficheskaya. 2018; 2: 86–102. (In Russ., Abstr. in Engl.)] Doi:10.7868/S2587556618020085.
8. *Зернов С.А.* К вопросу об изучении жизни Черного моря. Записки Императорской академии наук. 1913; 32(1): 1–304. [*Zernov S.A.* On question of the study of life of the Black Sea. Zapiski Imperatorskoy Akademii nauk. 1913; 32(1): 1–304. (In Russ.)]

9. *Кораблев Н.П., Сирыков В.И.* Крым с Севастополем, Балаклавой и другими его городами. С описанием рек, озер, гор и долин; с его историей, жителями, их нравами и образом жизни. СПб., 1855. [*Korablev N.P., Siryakov V.I.* Crimea with Sevastopol, Balaklava and its other cities. With descriptions of rivers, lakes, mountains and valleys; with its history, inhabitants, their customs and way of life. St.Petersburg, 1855. (In Russ.)]
10. *Пузанов И.И.* Материалы по промысловой ихтиологии Крыма. Рыбное хозяйство. Под ред. В.И.Мейснера. Кн.2: 114–132. М., 1923. [*Puzanov I.I.* Materials on the field ichthyology of the Crimea. Fisheries. Ed. V.I.Meisner. 2: 114–132. Moscow, 1923. (In Russ.)]
11. *Люксембург В.* Очерк рыболовства у берегов Севастопольского градоначальства. Вестник рыбопромышленности. СПб., 1890; 2: 49–56. [*Luxemburg V.* An outline of fishing near the shores of Sevastopol City Government. Herald of the fishing industry. St.Petersburg, 1890; 2: 49–56. (In Russ.)]
12. *Александров А.И.* Крымское рыболовство. Рыбное хозяйство. 1923; 2: 133–162. [*Aleksandrov A.I.* Crimean fishing. Fisheries. 1923; 2: 133–162. (In Russ.)]
13. *Мейснер В.И.* Основы рыбного хозяйства. Рыбное хозяйство. 1923; 3: 3–22. [*Meisner V.I.* Fundamentals of fisheries. Fisheries. 1923; 3: 3–22. (In Russ.)]
14. *Аронов Я.К.* В.И.Ленин о рыбной промышленности. Рыбное хозяйство СССР. 1934; 1: 5–6. [*Aronov Ya.K.* V.I.Lenin about the fishing industry. Fisheries of the USSR. 1934; 1: 5–6. (In Russ.)]
15. *Ильин Б.С.* Рыбные запасы Черного моря. Рыбное хозяйство. 1946; 1: 29–34. [*Ilin B.S.* Fish stocks of the Black Sea. Fisheries. 1946; 1: 29–34. (In Russ.)]
16. *Ivanov L.S., Beverton R.J.H.* The fisheries resources of the Mediterranean. Part 2. Black Sea. FAO Studies and Reviews. 1985; 60: 135.
17. *Бондарев В.А.* Морфометрическая и биологическая характеристика, внутривидовая дифференциация и особенности миграции черноморской сельди *Alosa pontica* в прибрежных водах Севастопольского региона. Современные рыбохозяйственные и экологические проблемы Азово-Черноморского региона. Материалы VII Международной конференции (20–23 июня 2012 г., г.Керчь). Керчь, 2012; 1: 95–99. [*Bondarev V.A.* Morphometric and biological characteristics, intraspecific differentiation and migration features of Black Sea herring *Alosa pontica* in the coastal waters of the Sevastopol Region. Current fishery and environmental problems of the Azov-Black Sea Region. Materials of VII International Conference. Kerch, 2012; 1: 95–99. (In Russ.)]
18. *Тодуа Н.Д.* Лов барабули донными ставниками. Рыбное хозяйство. 1952; 1: 48–53. [*Todua N.D.* Extraction of the red mullet by the bottom shutters. Fisheries. 1952; 1: 48–53. (In Russ.)]
19. *Надолинский В.П., Дахно В.Д.* Многовидовой промысел на шельфе северо-восточной части Черного моря. Рыбное хозяйство. 2006; 6: 56–60. [*Nadolinsky V.P., Dakhno V.D.* Multispecies fishing on the north-eastern shelf of the Black Sea. Fisheries. 2006; 6: 56–60. (In Russ., Abstr. in Engl.)]

The Black Sea: Ups-and-Downs in Domestic Fishery

D.Ya.Fashchuk^{1,2}

¹*Institute of Geography, RAS (Moscow, Russia)*

²*P.P.Shirshov Institute of Oceanology, RAS (Moscow, Russia)*

The retrospective historical and geographical analysis of Black Sea domestic fishery development has been made from the moment of fall of the Crimean Khanate in 1783 till the beginning of XXI-st century. The structure and species composition of commercial biological resources of the Black Sea have been analyzed. The geography, catch composition, dimensions and fishing methods (gears) during spontaneous (consumer-oriented) Russian Empire fishery have been investigated. The comparative analysis of its quantitative and qualitative characteristics in the main fishing areas of the northern Black Sea region and on the Caucasian coast has been carried out. The results of early Soviet scientific fishery research on the state and structure of resource base in the main traditional fishing areas have been analyzed. The catch statistics for the main commercial species from the mid-1920s to 1940 has been studied. Based on the analysis of fishery resources, the catch structure and production output of the main fishery objects have been estimated; the periods with predominance of different high-priority fishery objects have been identified; the mechanisms, chronology, and causes of the changes (succession) of the top-priority objects of fishery in the second half of the 20th century for bonito, large scad, bluefish, chub mackerel, and some low-abundant but valuable by their tastiness fish species, including surmullet, mullets, and sturgeons have been established. The consequences of natural and anthropogenic changes, resulted in crisis of fishery industry in 1989–1991 and its transition to depressive state in the late 20th century have been assessed.

Keywords: the Black Sea, history of fishery, commercial fishery objects, the geography of fisheries.

Завещание Н.Н.Миклухо-Маклая исполнено

С.В.Васильев¹, Е.В.Веселовская^{1,2}, О.М.Григорьева¹, А.П.Пестряков¹,
М.В.Хартанович³

¹Институт этнологии и антропологии РАН (Москва, Россия)

²Российский государственный гуманитарный университет (Москва, Россия)

³Музей антропологии и этнографии имени Петра Великого (Кунсткамера) РАН (Санкт-Петербург, Россия)

Свой череп Николай Николаевич Миклухо-Маклай завещал науке. Однако сразу после смерти ученого в 1888 г. это завещание исполнено не было. В статье приводится запутанная история обретения Академией наук черепа знаменитого путешественника. Авторы статьи получили эту реликвию из хранилища Музея антропологии и этнографии имени Петра Великого (Кунсткамеры) РАН. Статья посвящена антропологическому изучению черепа Миклухо-Маклая и реконструкции на его основе прижизненного облика. Научная часть предваряется описанием жизненного пути Миклухо-Маклая, приведены основные биографические вехи, дан очерк его путешествий и научных исследований. Череп был изучен по полной краниометрической программе. На основе реального черепа Миклухо-Маклая была сделана копия и по ней выполнены два скульптурных портрета.

Ключевые слова: Н.Н.Миклухо-Маклай, антропологическая реконструкция внешности.

В 2018 г. исполняется 130 лет, как ушел из жизни наш соотечественник, знаменитый на весь мир путешественник и исследователь, великий ученый и гуманист Николай Николаевич Миклухо-Маклай. Он в полном смысле слова «положил свою жизнь на алтарь науки». Исследователь прожил всего 42 года и умер от болезни, которая была следствием его полного пренебрежения к собственному состоянию из-за стремления как можно больше сделать для выполнения жизненной миссии — борьбы за права так называемых примитивных народов. Его ученый вел на базе научного изучения социальных, культурных, этнографических, лингвистических и биологических особенностей папуасов, меланезийцев, австралийцев и других этносов, сохраняющих традиционный уклад жизни. Будучи беззаветно преданным науке, Миклухо-Маклай завещал свой череп для научных исследований. Настоящая статья связана с исполнением последней воли ученого. Мы провели полное краниологическое исследование. На основе изучения строения черепа с использованием последних достижений в области антропологической реконструкции был восстановлен внешний облик Николая Николаевича. Существует ряд фотоснимков и портретов Миклухо-Маклая, однако на них он изображен с пышной шевелюрой, с бородой и усами, которые частично скрывают черты лица. К тому же фотографии не всегда четкие, а многие художественные и скульптурные порт-



Памятный камень в Языково-Рождественском, установленный на месте усадьбы, где родился Н.Н.Миклухо-Маклай. Окуловский р-н Новгородской обл.

Фото Е.В.Веселовской

реты делались уже после смерти ученого. На большинстве изображений информация о нижней части лица (из-за бороды) вовсе отсутствует. Все это стало веским доводом в пользу воспроизведения



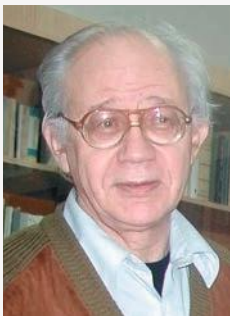
Сергей Владимирович Васильев, доктор исторических наук, заведующий Центром физической антропологии, главный научный сотрудник Института этнологии и антропологии РАН. Круг интересов в антропологии — от вопросов морфологии и таксономии в процессе эволюции рода *Ното* и проблем этологии приматов до решения задач формирования ряда народов мира (египтян, русских, белорусов, карелов). e-mail: labrecon@yandex.ru



Елизавета Валентиновна Веселовская, доктор исторических наук, ведущий научный сотрудник и руководитель лаборатории антропологической реконструкции того же института, профессор Российского государственного гуманитарного университета. Область научных интересов — антропологическая реконструкция, идентификация личности по костным останкам, морфология человека, эволюционная антропология.



Ольга Михайловна Григорьева, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник того же института. Изучает проблемы эволюции лицевого и мозгового отделов черепа человека, краниологической дифференциации современного населения Земли. Занималась исследованием этологии приматов. Специалист в области антропологической реконструкции лица по черепу.



Александр Петрович Пестряков, кандидат исторических наук, старший научный сотрудник того же института. Область научных интересов — этническая антропология и краниология. Автор краниологической классификации современного населения Земли.



Мария Валерьевна Хартанович, ведущий специалист отдела информационных технологий Музея антропологии и этнографии имени Петра Великого (Кунсткамеры) РАН в Санкт-Петербурге. Специалист в области музееведения, истории создания Кунсткамеры и электронных музейных технологий.

реального прижизненного облика ученого и индивидуальных особенностей его внешности, которые были скрыты до настоящего времени за обильной растительностью. Особое внимание мы уделили характеристике значимого вклада ученого в науку и его нравственного подвига, которые прославили его на весь мир. Отметим, что выполнение скульптурной реконструкции стало возможным благодаря гранту Русского географического общества (РГО), которое в свое время финансировало и ряд экспедиций ученого. Пользуемся случаем высказать благодарность РГО за выделенные средства.

Идея восстановить точный облик по черепу Миклухо-Маклая возникла у авторов в связи со знаменательной датой — 170-летием ученого, а также при посещении Е.В.Веселовской места его рождения — территории усадьбы Рождественское, расположенной в д.Языково Окуловского р-на Новгородской обл. Сама усадьба не сохранилась, да и деревни уже нет. Однако усилиями Окуловского краеведческого музея при поддержке администрации района ежегодно там проводятся торжества, а в 1986 г. к 140-летию юбилею ученого силами общественности был установлен памятный камень с надписью: *Здесь родился великий путешественник, ученый и гуманист Н.Н.Миклухо-Маклай (17(5).07.1846 — 14(2).04.1888)*. Ежегодно в Окуловском р-не проводятся Международные Маклаевские чтения, на которые съезжаются этнографы, антропологи, краеведы, писатели и поэты. Частыми гостями здесь бывают потомки великого ученого.

Путь в науке

Николай родился 17 июля 1846 г. в семье инженера-капитана Николая Ильича Миклухи, одного из строителей Николаевской железной дороги (Санкт-Петер-



Портрет Н.Н.Миклухо-Маклая кисти К.Г.Маковского, 1882 г. Музей антропологии и этнографии (МАЭ) РАН (№6499-1).

бург—Москва), и его жены Екатерины Семеновны (в девичестве Беккер). С 1859 по 1863 г. Коля учился в гимназии. Из-за слабого здоровья он часто пропускал занятия и так и не окончил это учебное заведение. Несмотря на это, он поступил в Императорский Санкт-Петербургский университет в качестве вольного слушателя на физико-математический факультет, где занимался естественными науками. Однако в 1864 г. он, как участник студенческих волнений, из университета был исключен и в том же году уехал в Германию продолжать образование. Там он посещал лекции по различным наукам (от математики, физики, химии до философии, политэкономии и юриспруденции) сначала в Гейдельбергском, а затем в Лейпцигском университете. Николай усиленно искал точку приложения своим неординарным интеллектуальным способностям. Он в совершенстве знал немецкий и английский языки, что позволило ему с успехом учиться и впоследствии работать за границей.

Осенью 1865 г. Миклуха поступил на медицинский факультет Йенского университета, где работал крупный немецкий биолог Э.Геккель, знаменитый ученый, ярый приверженец эволюционной теории Дарвина. Здесь Николай Николаевич понял, что сфера его интересов находится в области биологических наук. Профессор Геккель оценил

умного и трудолюбивого русского студента, всячески ему покровительствовал и сделал его своим ассистентом. Уже в 1866 г. Миклуха участвовал в организованной Геккелем научной экспедиции на о.Мадейра, а затем на Канарские о-ва, где изучал биологию морских беспозвоночных (в том числе морских губок) и рыб. Одним из следствий этой экспедиции была его первая научная статья, посвященная анатомии некоторых видов хрящевых рыб, которая была опубликована в 1867 г. в «Йенском журнале медицины и естествознания». Интересно, что в той статье впервые Николай Николаевич подписался фамилией Миклухо-Маклай, используя давнее прозвище своих предков по отцовской линии, хотя есть и другие версии происхождения этого псевдонима.

В 1869 г. Николай Николаевич самостоятельно отправился на Красное море для изучения биоценозов коралловых рифов. Как считает Д.Д.Тумаркин, лучший отечественный знаток жизни и творчества Миклухо-Маклая*, именно с того времени Николай Николаевич проявил склонность проводить в одиночку свои полевые исследования, охватывая максимальный спектр явлений изучаемого объекта. Это соответствовало независимому и мужественному характеру на вид хрупкого и болезненного человека. В том же году он прибыл на родину, где участвовал во Втором съезде русских испытателей природы в Москве. Его приняли в ряды РГО, перед членами которого он выступил с докладом о своих исследованиях на Красном море.

Заветной мечтой Миклухо-Маклая становится стремление исследовать неизведанные области Земли, среди которых его внимание привлекает о.Новая Гвинея. Планы Николая Николаевича по изучению Австралии и Океании в 1870 г. были одобрены Советом РГО. Он получил финансовую поддержку и в ноябре того же года отплыл в свою первую антропологическую экспедицию на корвете «Витязь». 20 сентября 1871 г. корабль встал на якорную стоянку в заливе Астроябия близ восточного берега Новой Гвинеи. Усилиями матросов для Миклухо-Маклая была построена хижина на мысе Гаргаси между папуасскими деревнями Горенду и Гумбу, где он поселился вместе со слугами — шведским матросом Ульсоном и полинезийским мальчиком Боем (который вскоре заболел и умер). В первые же дни пребывания на берегу Новой Гвинеи Николай Николаевич один и без оружия посетил деревню папуасов Горенду. Его мужество и спокойное, ненавязчивое поведение дали положительный результат. Он сам писал в дальнейшем: *Я скоро понял, что моя крайняя беспомощность против тени, даже тысяч человек была моим главным оружием* [1, с.634]. И далее: *В отношениях своих с туземцами я строго наблюдал за собой, чтобы всегда даже малейшее*

* Тумаркин Д.Д. Миклухо-Маклай: две жизни «белого папуаса». Серия: «Жизнь замечательных людей». М., 2012.

данное мною обещание было исполнено, так что у папуасов явилось убеждение, выражаемое ими в трех словах и ставшее между ними родом поговорки — «балал Маклай худи», что в переводе значит: «слово Маклая одно» [1, с.637]. Вскоре папуас Туй (после того как Николай Николаевич излечил его от серьезной травмы головы) стал его другом и информатором.

Стиль хладнокровного, но при этом доброжелательного поведения исследователь демонстрировал в дальнейшем при встречах с любимыми аборигенами как Новой Гвинеи, так и других территорий островного мира между Азией и Австралией. Поведение Миклухо-Маклая, резко контрастировавшее с поведением большинства других европейцев, создало ему среди папуасов славу «большого человека» (*тамо боро-боро*) и доброго духа. Из идеализации подобных черт его личности со временем стал складываться культ героя-божества.

Николай Николаевич проводил не только антропологические и этнографические наблюдения, он также тщательно фиксировал и описывал оригинальную флору и фауну этого региона, вел метеорологические наблюдения. На том побережье Новой Гвинеи он был первым европейцем, проникшим в жизнь местного населения — жителей классической неолитической культуры, совершенно не затронутой влиянием цивилизации. Именно поэтому Миклухо-Маклая особенно интересовали все стороны жизни папуасов: ведение хозяйства, ремесла, орудия труда, семейные взаимоотношения, проведение праздников, связи между соседними и более отдаленными деревнями и т.п. Николай Николаевич изучал язык папуасов нескольких ближайших деревень. В первое посещение Новой Гвинеи он прожил в тех местах 15 месяцев. Впоследствии эта территория получила название *берега Маклая*.

Особое внимание Миклухо-Маклай уделял антропологическим исследованиям. В той и в дальнейших экспедиционных поездках Николай Николаевич обычно замерял рост исследуемых, отмечал особенности строения тела мужчин и женщин, фиксировал следующие признаки изучаемого населения: форму и цвет волосяного покрова головы, его распространенность на теле, степень пигментации различных участков кожного покрова. С особым пристрастием он, в угоду тогдашней тенденции в антропологии, изучал форму черепной коробки, выделяя ее долихокранную и брахикранную формы. Также Николай Николаевич отмечал и описывал традиционные для аборигенов манипуляции с телом, такие как: татуировки, обрезание у мужчин, искусственная деформация головы. Будучи строго объективным ученым-исследователем, он отмечал и негативные с европейской точки зрения местные традиции: чрезмерную трудовую нагрузку женщин в семейной жизни, частые (но не кровопролитные) стыч-

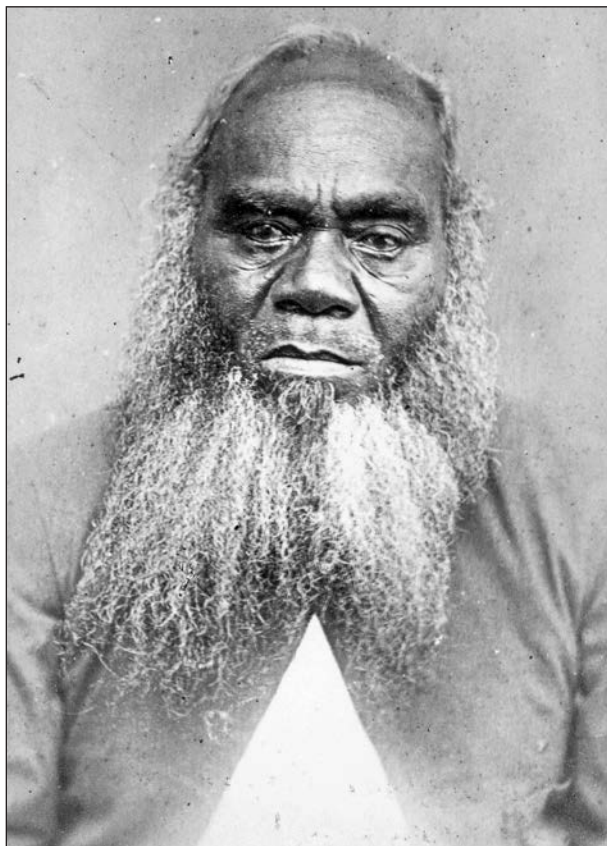


Н.Н.Миклухо-Маклай (справа) с братом М.Н.Миклухой. Вена, предположительно 1870-е г. МАЭ РАН (№7425-14).

ки между деревнями и даже встречаемый в некоторых местностях Новой Гвинеи каннибализм.

Следующая экспедиция Миклухо-Маклая на Новую Гвинею состоялась в 1873 г. На этот раз Николай Николаевич посетил западную часть острова — территорию берега Ковиай. Там уже ощущалось негативное влияние малайских и молуккских купцов и пиратов, не брезговавших в том числе и работорговлей. Как следствие этого, вместо деревень, окруженных ухоженными земельными участками, как на берегу Маклая, он наблюдал здесь кочевой образ жизни и развал земледельческой культуры. Николай Николаевич писал: *Все эти жилища только временного обитателя, и даже редко можно застать в них жителей. Все население скитается по заливам и бухтам в своих пирогах, оставаясь только несколько часов или дней в одной местности. Причина этому постоянные войны между населением, нападение хонгий. <...> Сравнивая образ жизни папуасов Ковиай с образом жизни папуасов берега Маклая, встречаешь большое различие между обоими населенными. Несмотря на то что папуасы Ковиай уже давно знакомы с железом и разными орудиями, хотя они и познакомились с одеждой и огнестрельным оружием, хотя и носят серебряные и даже золотые украшения, но они остались и остаются номадами*. Недостаток пищи вследст-*

* Номады (от греч. νομάδες — кочующий) — условное название народов и этнических групп, которые в течение года или сезона ведут подвижный образ жизни.



Вождь с о.Фиджи, предположительно 1870-е годы. Фото из собрания Миклухо-Маклая. МАЭ РАН (№7425–29).

вие неимения плантаций и домашних животных заставляет их скитаться по заливам в поисках морских животных, за ловлею рыб, бродить по лесам за добыванием некоторых плодов, листьев и корней. Папуасы берега Маклая, хотя живут совершенно изолированно от сношения с другими расами, хотя не были знакомы (до моего посещения в 1871 году) ни с одним металлом, однако строили и строят своими каменными топорами большие селения с относительно очень удобными, часто большими хижинами, обрабатывают тщательно свои плантации, которые круглый год снабжают их пищей, имеют домашних животных — свиней, собак и кур. Вследствие оседлого образа жизни и союза многих деревень между собой войны у них сравнительно гораздо реже, чем между папуасами Ковиай [2, с.107–108]. На берегу Ковиай Миклухо-Маклай воочию увидел драматические последствия столкновения различных цивилизаций. Представители более развитой цивилизации Малайского архипелага разоряли, грабили и нередко обращали в рабство жителей культурно более отсталой Новой Гвинеи, вызывая ответную агрессию папуасов. Это привело к экономическому регрессу автохтонного населения и возврату от производящего хозяйства неолитического типа к присваивающему (экономически

менее продуктивному). И, как следствие этого, — к вынужденным межплеменным войнам, которые усугубляли экономический упадок. В этих местах Миклухо-Маклаю пришлось, в отличие от жизни на берегу Маклая, уже не расставаться с оружием и иногда даже его применять.

Первое посещение Новой Гвинеи, ее северо-восточной части, где уклад туземцев еще не был деформирован внешним влиянием, как первая любовь, не могло изгладиться из памяти Николая Николаевича, и он еще дважды посещал берег своего имени. В 1876–1877 гг. он провел здесь 17 месяцев, поселившись близ деревни Бонгу и продолжив изучать культурные и антропологические особенности как прибрежных, так и горных папуасов.

Третий, последний визит Николая Николаевича на берег Маклая был очень кратким (17–23 марта 1883 г.). Его ждали печальные вести — многие его друзья, в том числе Туй, умерли. Деревня Горенду была брошена, Бонгу значительно уменьшилась по числу жителей. Миклухо-Маклай навсегда полюбил то место, где он полностью раскрыл свой талант исследователя и заслужил репутацию доброго человека. *Я чувствовал себя, как дома, и мне положительно кажется, что ни к одному уголку земного шара, где мне приходилось жить во время моих странствий, я не чувствую такой привязанности, как к этому берегу Новой Гвинеи. Каждое дерево казалось мне старым знакомым* [3, с.582–595]. Местные жители просили его остаться жить с ними.

Исследователь дважды (в 1880 и 1881 гг.) посетил также южный берег Новой Гвинеи, где изучал местных папуасов, слегка затронутых поверхностным влиянием европейской культуры. Здесь уже работали некоторые европейские христианские миссии. В районе Торресова пролива, разделяющего северо-восточную часть Австралии и Новую Гвинею, добывали жемчуг, что привлекало самых разных людей, в том числе авантюристов. Кроме того, прошедшая недавно австралийская «золотая лихорадка» конца 1840-х — начала 1850-х годов привела к появлению золотоискателей и на южном берегу Новой Гвинеи, где, однако, золото не было найдено. Все это в определенной степени деформировало социальную жизнь местного населения. Антропологические исследования папуасов из тех мест, проведенные Николаем Николаевичем, показали присутствие инорасовой примеси, но не европейской, а полинезийской. Население же берега Маклая оказалось наименее затронутым каким-либо внешним влиянием среди всех регионов о.Новая Гвинея.

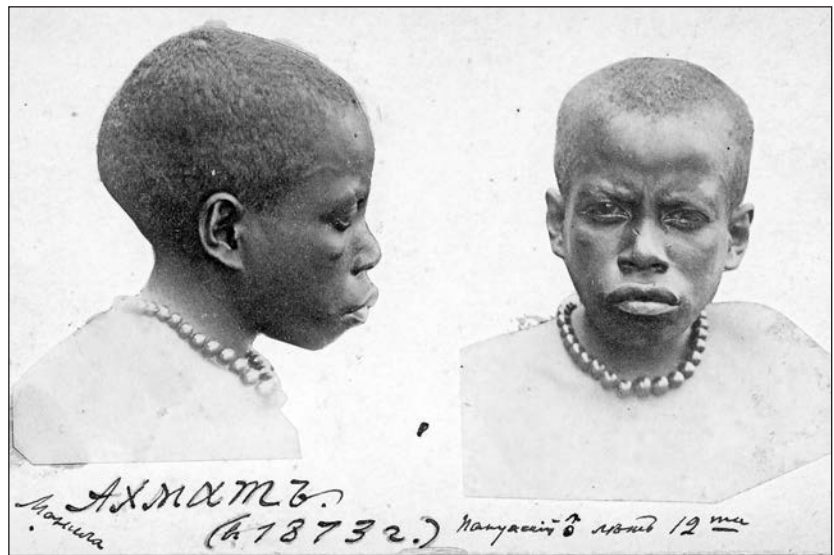
Антропологические и этнологические изыскания Миклухо-Маклая не ограничились только папуасами Новой Гвинеи. Он изучал многие ранее мало изученные или совсем неизученные этнические группы архипелагов островов Меланезии, п-ова Малакка, а также филиппинского острова Лусон [4].

Николай Николаевич, будучи натуралистом широкого профиля, никогда не бросал и чисто био-

логическое направление исследований, где главным его интересом была сравнительная анатомия мозга позвоночных, от хрящевых рыб (акул) до человека включительно. Попад в 1878 г. в Австралию, он познакомился, а затем подружился с руководителем Линнеевского общества штата Новый Южный Уэльс доктором У.Дж.Маклеем (почти однофамильцем). Здесь же, близ Сиднея, при поддержке правительственных кругов Австралии Николаю Николаевичу удалось открыть морскую биологическую станцию по изучению автотонной фауны. В Австралии же Миклухо-Маклай встретил молодую вдову М.Э.Робертсон, которая влюбилась в него, как говорится, с первого взгляда. Любовь оказалась взаимной и, несмотря

на сопротивление богатого и влиятельного отца Маргарет, 27 февраля 1884 г. состоялась свадьба. Венчание происходило по протестантскому обряду, хотя Николай Николаевич был православным и не отказался от своего вероисповедания. Разрешение на брак Миклухо-Маклай получил от самого императора Александра III, который всячески поддерживал русского путешественника.

Ученый активно и самоотверженно боролся за гуманистическое отношение к населению экономически отсталых тропических регионов Земли. Эволюционные учения Ламарка и Дарвина породили «незаконнорожденное дитя» — антропологический расизм. Это околонучное реакционное политическое течение сложилось в середине XIX в. как результат борьбы двух научных концепций, касающихся происхождения человечества: моногенизма (человечество имеет одну исходную эволюционную линию) и полигенизма (разные части человечества — расы — произошли от различных предковых форм). В США теория полигенизма бросала вызов библейской традиции (идее происхождения всего человечества от одних прародителей — Адама и Евы) и заодно служила теоретическим оружием рабовладельцев против аболиционистов (противников рабства). В 1854 г. там вышла книга Дж.К.Нотта и Дж.Р.Глиддона «Типы человечества, или Этнологические исследования, основанные на древних памятниках, картинах, изваяниях, черепах и расах». В ней авторы пытались доказать, что негры и европейцы имеют разных эволюционных (обезьяньих) предков. Те же идеи о неполноценности негров, об их особом филогенетическом происхождении, развивали и некоторые европейские ученые: швейцарский естествоиспытатель Ж.Л.Агассис, сооснователь Антропологического общества Лондона Дж.Хант и др.



Ахмат, мальчик 12-и лет. Манила, 1873 г. Фото из собрания Миклухо-Маклая. МАЭ РАН (№7425–78).

Приблизительно в то же время во Франции возникло другое реакционное псевдонаучное течение — «антропосоциология», родоначальником которого стал писатель-романист, граф Ж.А. де Гобино. Суть его учения, опубликованного в «Эссе о неравенстве человеческих рас», в том, что движущей силой всех великих цивилизаций было господство в них высшей, «арийской», расы. Смешение ее с «низшими», покоренными, расами, якобы неспособными к самостоятельному культурному прогрессу, всегда приводило к упадку цивилизации.

Российская антропологическая наука всегда стояла на позициях принципиального антирасизма, и одним из ее провозвестников был Миклухо-Маклай. Как ученый-антрополог, Николай Николаевич придерживался концепции единого происхождения человечества, научными аргументами доказывая несостоятельность полигенизма и отвергая представления, что некоторые расы (негроиды и австралоиды) представляют собой как бы переходные варианты от предковых форм к современному человеческому виду. Он защищал права коренного населения Юго-Восточной Азии и Океании, активно боролся против самого страшного и позорного явления в истории человечества — работорговли [1]. Будучи гуманистом и политическим идеалистом, он пытался превратить берег Маклая в своего рода этнографический заповедник, где он претендовал на роль правителя. В связи с этим Николай Николаевич безуспешно призывал Российскую администрацию к колонизации этой территории Новой Гвинеи. Однако мечтам Миклухо-Маклая не суждено было сбыться. В 1884 г. территории северо-запада Новой Гвинеи вместе с частью Меланезийского архипелага были превращены в германскую колонию. Морально удреченный, тяжело больной Николай Ни-

колаевич вместе с женой и двумя малолетними детьми вернулся в Россию, где 14 апреля 1888 г. скончался в Санкт-Петербурге.

Имея острый и наблюдательный ум и отличаюсь колоссальной трудоспособностью, Миклухо-Маклай по характеру был идеалистом и очень непрактичным человеком, совершенно равнодушным к публичному почету, с пренебрежением относился он к академической научной карьере, а также к собственному здоровью. Наука и истина — вот чему он служил, не жалея сил. Его антропологические и этнографические работы, посвященные народам малоизученных в то время островов юго-западной Пацифики, стали золотым фондом нашей отечественной науки [5].

Следует полностью согласиться с мнением Тумаркина, что Миклухо-Маклай был одним из последних ученых-натуралистов широкого профиля*. Санкт-Петербургский этнолог Б.Н.Бутинов писал, что Миклухо-Маклай знаменит как путешественник, ученый, гуманист. Эти характеристики полно и точно выражают главное содержание жизни Николая Николаевича Миклухо-Маклая — жизни короткой, но яркой и цельной [6].

С нашей точки зрения к Николаю Николаевичу в полной мере подходит та характеристика, которую дал норвежский полярный исследователь Х.У.Свердруп своему знаменитому земляку Ф.Нансену в предисловии к книге «Фрам в полярном море»: *Он был велик как путешественник, более велик как ученый, и еще более велик как человек.* В статье мы приводим несколько малоизвестных фотографий из собрания Миклухо-Маклая, хранящихся в настоящее время в Кунсткамере.

История исполнения завещания Миклухо-Маклая

То, что Николай Николаевич завещал свой череп Музею антропологии и этнографии (МАЭ) в Санкт-Петербурге, представляется части наших современников общезвестным фактом, не требующим отдельного разговора.

В 1874 г., находясь в Батавии (ныне — г.Джакарта, о.Ява), Миклухо-Маклай завещал [7, с.11] собрание черепов**, а также и свой череп МАЭ для приращения собрания основоположника антропологии в России академика К.Э.фон Бэра: *Я постараюсь принять необходимые меры для того, чтобы моя голова была сохранена и переслана господину Анкерсмиту, которого прошу направить ее в Музей антропологии Императорской Академии наук в Санкт-Петербурге, каковому я ее завещаю* [8, с.418].

* Тумаркин Д.Д. Миклухо-Маклай: две жизни «белого папуаса». Серия: «Жизнь замечательных людей». М., 2012.

** Коллекция Музея антропологии и этнографии имени Петра Великого (Кунсткамера) РАН, №211.

Однако в жизни все сложилось несколько иначе. Ответить на вопрос, почему череп ученого попал в музей только в 1962 г., не смогли ни музейная документация, ни старожилы МАЭ. Пришлось провести настоящее расследование. Поиски привели нас в Архив РГО***. Архивные документы по истории общества в советский период развернули перед нами неожиданную картину.

В апреле 1938 г. Всесоюзное географическое общество АН СССР (ВГО) отмечало 50-летие со дня смерти путешественника, антрополога, этнографа Миклухо-Маклая. Комиссией по увековечиванию памяти ученого при обществе была проведена кропотливая, масштабная работа по выявлению документов о его жизни и трудах, а также его дневников, рукописей в архивах и других научных и просветительских учреждениях СССР.

Была организована выставка архивных документов и музейных экспонатов. Живейшее участие в подготовке выставки и других мероприятий к этой дате принял президент ВГО Н.И.Вавилов. Отбирая документы для памятной выставки, Николай Иванович обратил внимание на завещание ученого, в котором тот завещал свой череп антропологическому отделу МАЭ. Документ был выявлен заведующим архивом Е.И.Глейбером и произвел, по воспоминаниям современников, настоящий фурор [9, с.323].

Да это же настоящий подвиг! — передает слова Вавилова А.М.Черников, работавший в те годы инструктором Архива Академии наук СССР. — *Не пожалел даже свой череп отдать для науки!* [10, с.329].

Комиссия по увековечиванию памяти Миклухо-Маклая занималась и приведением в порядок склепа ученого и его родственников на Волковом кладбище в Ленинграде. Осенью 1938 г. комиссия получила решение Ленсовета о перезахоронении (в связи с реконструкцией кладбища) останков Миклухо-Маклая в часть кладбища «Литераторские мостки» [11, с.108]. Ссылаясь на завещание ученого и путешественника, комиссия ВГО обратилась в комиссию при Ленсовете по перезахоронению И.С.Тургенева, М.С.Салтыкова-Щедрина, Д.В.Григоревича и Н.Н.Миклухо-Маклая с «настойчивым предложением» передать ВГО череп Миклухо-Маклая [12, ф.1, оп.1, д.45, л.155об.].

8 октября 1938 г. на Волковом кладбище в Ленинграде был вскрыт склеп Миклух. В склепе захоронены также отец и сестра ученого. Было проведено исследование возможной принадлежности захоронения. Вот выдержка из отчета [12, ф.6, оп.4, д.18, л.3–4]:

1. Расположение гробов в земле соответствует хронологическому порядку захоронений, т.е. гроб путешественника находится ближе других к поверхности. Оба верхние гроба, хотя и были

*** Авторы выражают признательность за содействие коллективу Архива РГО и его заведующей М.Ф.Матвеевой.

покрыты плитами, но последние осели под тяжестью значительного слоя земли.

2. Малый размер костей и наличие женской серьги исключают возможность принадлежности первого открытого гроба Н.Н.Миклухо-Маклаю. Найденная же серьга похожа на серьгу, которую можно рассмотреть на фотографии О.Н.Миклухо-Маклай, находящуюся в Ученом Архиве Общества.

3. Сравнение украшений на втором гробе со снимком, изображающим Н.Н.Миклухо-Маклая в гробу (фотография находится в Ученом Архиве Общества), показывает полное их сходство. Остатки мужской штатской одежды и размеры костей также подтверждают принадлежность этого захоронения путешественнику.

4. Принадлежность третьего гроба отцу путешественника подтверждается следующим: а) гроб этот находится на самом нижнем уровне могилы, в той ее части, которую можно собственно назвать склепом, ибо верхние гробы были захоронены, хотя и под плитами, но, как было уже сказано выше, эти плиты осели, т.к. не были прочно укреплены на фундаменте; б) наличие довольно хорошо сохранившихся остатков военных сапог (отец Н.Н.Миклухо-Маклая, судя по фотографии, имеющейся у его родных, был похоронен в военной форме); в) размер костей — точный рост путешественника (согласно одному из его писем, хранящемуся в Архиве АН СССР) 1 м 60 см, эти же кости принадлежат человеку большего роста.

Свидетель вскрытия захоронения географ-картограф П.П.Померанцев писал: *Череп был отделен и, завернутый в лист газеты, доставлен нами в архив Общества до передачи в Академию наук* [11, с.128]. После эксгумации препаратор Центрального научно-исследовательского геологоразведочного музея имени академика Ф.Н.Чернышева В.В.Лебединский провел препарирование черепа Миклухо-Маклая [12, ф.1, оп.1, д.45, л.171]. Изъятый череп ученого был передан в Архив ВГО, как отделения Академии наук. В воспоминаниях о президенте ВГО Вавилове нашло место и это событие, вызвавшее некоторые толки. Свидетель эксгумации Померанцев упоминал общественное осуждение: гробокопательством и кощунством называли изъятие черепа. Однако Вавилов, придя к Глейберу, заведующему Архивом и «открывателю» завещания Миклухо-Маклая, по воспоминаниям Померанцева, сказал: *Вот уж, наверно, ты никак не думал, что, раскопав завещание, тебе же придется раскапывать могилу Маклая. Что же, Евгений Израилевич, спасибо, что завещание путешественника сумел выполнить* [11, с.128]. Черников в статье «Интерес к истории науки» пересказывает слова Вавилова: *Вот мы и приняли волю Миклухо-Маклая. Географическое общество находится при Академии наук, следовательно, теперь череп Миклухо-Маклая будет в Академии наук* [12, с. 330].

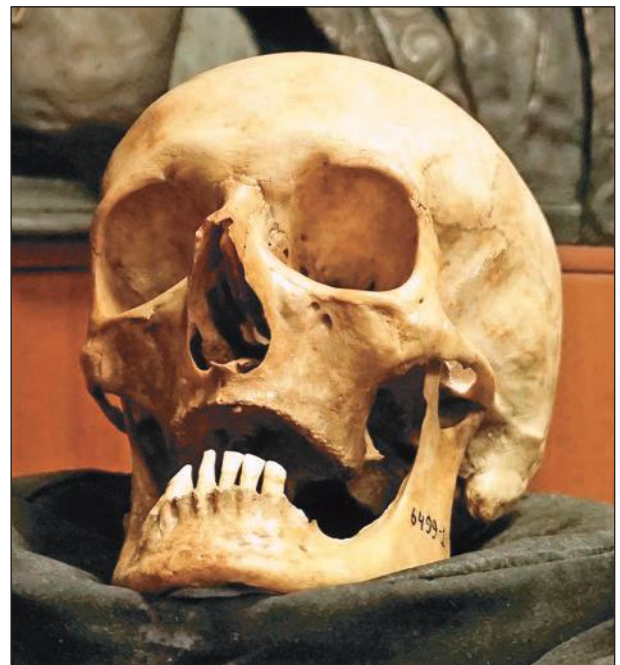
Череп Миклухо-Маклая долгие годы хранился в Архиве ВГО. В мае 1962 г. Президиум общества постановил передать череп *ввиду отсутствия необходимых условий для его хранения* в Институт этнографии имени Н.Н.Миклухо-Маклая — МАЭ [12, ф.31, оп.1, д.134, л.4]. 31 мая 1962 г. череп ученого был принят МАЭ*. Именно оттуда череп великого антрополога был извлечен в 2015 г. для проведения настоящего исследования.

Исследование черепа

Череп Миклухо-Маклая (это хорошо видно на фотографии) сохранился сравнительно неплохо. Исследование проводили по классической краниологической программе [13]. Череп имеет большие размеры, несколько вытянут в лобно-затылочном направлении — черепной указатель 80.5 (мезокран). Форма черепной коробки при взгляде сверху овоидная — наибольшая ширина сдвинута назад и приходится на заднюю часть. Череп может быть описан как относительно широкий и не длинный (т.е. мезокранный на границе с брахикранным), средней высоты.

Лоб прямой и визуально довольно широкий. Лицевая часть черепа узкая и относительно высокая. Горизонтальная профилировка лица даже по европеоидным меркам значительная. В целом череп характеризуется сочетанием узкого профилированного лица и относительно широкой мозго-

* Описание коллекции МАЭ, №6499.



Череп Миклухо-Маклая. МАЭ РАН (№216–1).

Фото Н.В.Хохлова

вой коробки. Орбиты средневысокие и относительно неширокие. Нос высокий и относительно узкий с высоким переносьем.

Первое рентгеноанатомическое исследование черепа и нижней челюсти Миклухо-Маклая выполнил заведующий кафедрой рентгенологии и радиологии 1-го Ленинградского медицинского института, член-корреспондент Академии медицинских наук СССР, один из основателей рентгеноанатомии, основатель русской школы палеопатологии Д.Г.Рохлин в 1962 г. [14]. Были установлены причины недуга, в течение долгих лет мучавшего ученого. Рохлин писал, что как немецкие, так и петербургские врачи считали, что Миклухо-Маклай страдал от последствий тяжелой малярии, ревматизма, а сильнейшие боли в щеке связывали с острой невралгией, не имевшей анатомической почвы. Рентгеноанатомическое исследование 1962 г. показало картину ракового поражения с локализацией в области правого нижнечелюстного канала и поражением нижней ветви тройничного нерва [15].

Восстановление облика Миклухо-Маклая

Учитывая большую ценность черепа, с которым нам предстояло работать, мы решили сделать с него пластиковую отливку. Далее было проведено сличение параметров черепа, измеренных на копии и на оригинале, которое показало полное совпадение. Для максимальной точности реконструкции работу совместно проводили Е.В.Веселовская и О.М.Григорьева, владеющие методом восстановления лица по черепу.

В лаборатории антропологической реконструкции Института этнологии и антропологии РАН многие годы ведутся работы по совершенствова-

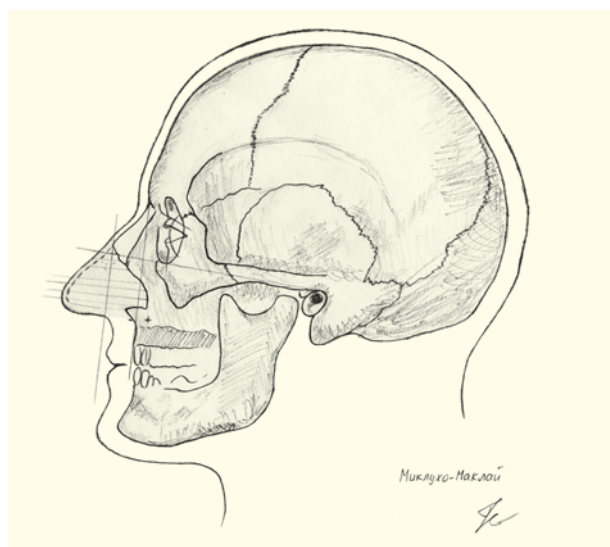
нию приемов точной передачи прижизненного облика при реконструкции его по черепу. Разработана уникальная программа «Алгоритм внешности», которая позволяет шаг за шагом последовательно рассчитывать прижизненные характеристики головы, основываясь на размерах и признаках черепа [16]. Применение научных разработок последних лет обогатило антропологическую реконструкцию новыми возможностями, а результаты исследований палеоантропологического материала становятся теперь более информативными и наглядными [17]. Успешное использование программы «Алгоритм внешности» в следственной практике при идентификации личности отражает широкие возможности метода и его преимущества [18]. Один из аспектов данной программы — расчет пропорций элементов внешности и словесное описание внешнего облика, сопоставимое с криминалистическим словесным портретом [19].

Первоначально череп был тщательно измерен и описан с особым акцентом на индивидуализирующие детали. Затем с помощью «Алгоритма внешности» были рассчитаны размерные характеристики головы.

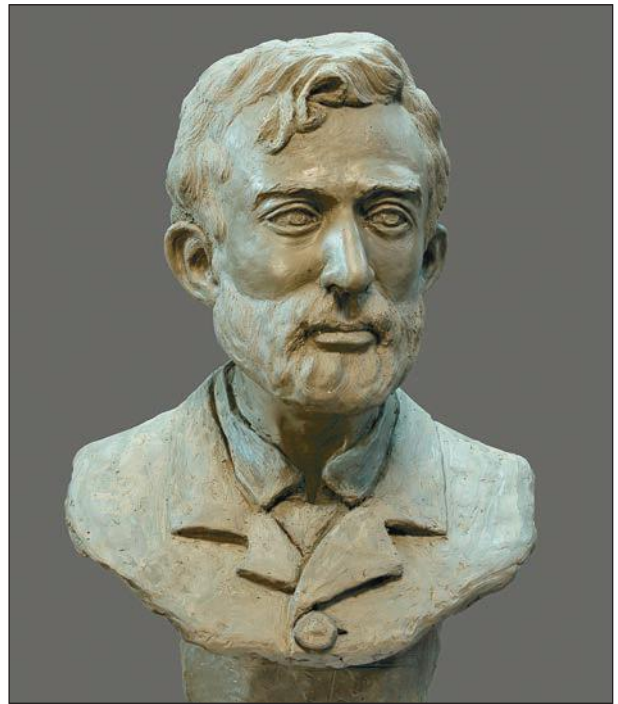
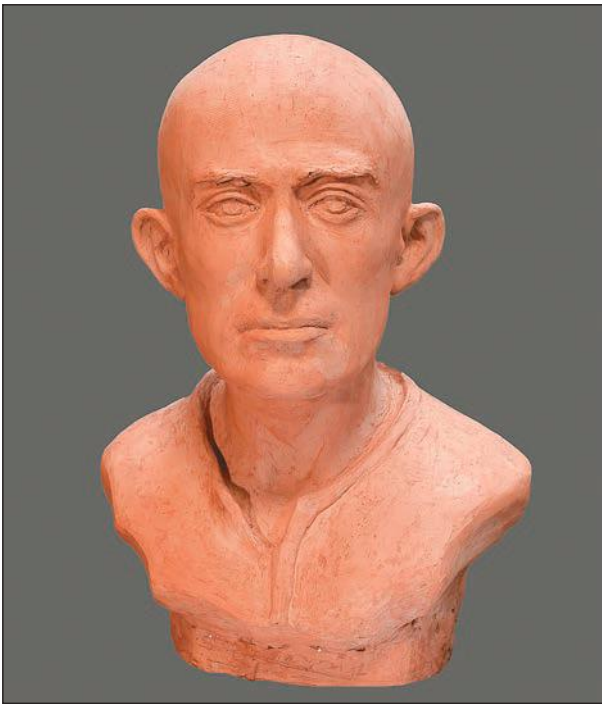
Подробные этапы процесса краниофациальной реконструкции представлены во многих работах [16, 17], и они примерно одинаковы для всех случаев. Здесь уместно остановиться на специфике работы именно с этим черепом. Важная особенность — отсутствие всех зубов верхней челюсти и атрофия альвеолярного отростка. Видимо, Николай Николаевич перенес операцию по удалению пораженных участков кости. Он носил съемный протез. При обсуждении деталей реконструкции мы приняли решение воссоздать облик ученого не на момент смерти, когда он был сильно истощен болезнью, а на возраст около 35 лет. На верхней челюсти из пластилина был сформирован альвеолярный отросток с зубами, как это было до утраты собственных зубов.

Форма спинки носа строится на основе обвода черепа, выполненного на диоптографе. На приведенном рисунке дана контурная реконструкция лица в профиль. Видно, что спинка носа практически прямая с небольшой горбинкой. Вздутые сосцевидные отростки височных костей дали основание для воспроизведения оттопыренной ушной раковины.

Первый скульптурный портрет представлен без растительности на лице и голове. Именно такая реконструкция несет максимальную научную информацию, поскольку здесь мы видим нижнюю часть лица Миклухо-Маклая, форму его головы, скрытые на большинстве прижизненных портретов. Сразу бросается в глаза, что мозговой отдел головы имеет крупные размеры и как бы превалирует над лицевым. Отмечается мезокефалия — в лобно-затылочном направлении голова средней длины. Лицо удлиненной формы с крупной нижней челюстью, значительно профилировано.



Контурная реконструкция по черепу Миклухо-Маклая, выполненная Е.В.Веселовской и О.М.Григорьевой.



Скульптурная реконструкция по черепу Миклухо-Маклая, выполненная без атрибутики (слева), и художественный скульптурный портрет, созданный Веселовской и Григорьевой.

Фото М.Б.Лейбова

Нос высокий, выступает значительно. Лоб широкий и высокий, направление его вертикальное, глаза крупные, брови чуть ломаной формы. Уши оттопыренные, средней высоты.

Итогом нашей работы стал художественный скульптурный портрет, выполненный с учетом мельчайших деталей, создающих неповторимую индивидуальность образа. ■

Литература / References

1. Миклухо-Маклай Н.Н. Сообщение о путешествии, сделанном Н.Н.Миклухо-Маклаем в Русском географическом обществе в 1882 г. *Миклухо-Маклай Н.Н. Собрание сочинений*. Т.2. М.; Л., 1950: 631–682. [*Miklukho-Maclay N.N. The message about the travel made by N.N.Miklukho-Maclay in the Russian Geographical Society in 1882. Miklukho-Maclay N.N. Collected works. V.2. Moscow; Leningrad, 1950: 631–682. (In Russ.)*]
2. Миклухо-Маклай Н.Н. Вторая поездка в Новую Гвинею. *Миклухо-Маклай Н.Н. Собрание сочинений*. Т.2. М.; Л., 1950: 103–113. [*Miklukho-Maclay N.N. Second trip to New Guinea. Miklukho-Maclay N.N. Collected works. V.2. Moscow; Leningrad, 1950: 103–113. (In Russ.)*]
3. Миклухо-Маклай Н.Н. Третье посещение Берега Маклая. *Миклухо-Маклай Н.Н. Собрание сочинений*. Т.2. М.; Л., 1950: 582–595. [*Miklukho-Maclay N.N. Third visit of the Coast of Maclay. Miklukho-Maclay N.N. Collected works. V.2. Moscow; Leningrad, 1950: 582–595. (In Russ.)*]
4. Бутинов Н.А. Роль Миклухо-Маклая в изучении племен внутренних районов Малаккского полуострова. *Миклухо-Маклай Н.Н. Собрание сочинений*. Т.2. М.; Л., 1950: 751–758. [*Butinov N.A. Miklukho-Maclay's role in studying of tribes of internal areas of the Malakka peninsula. Miklukho-Maclay N.N. Collected works. V.2. Moscow; Leningrad, 1950: 751–758. (In Russ.)*]
5. Рогинский Я.Я., Токарев С.А. Н.Н.Миклухо-Маклай как этнограф и антрополог. *Миклухо-Маклай Н.Н. Собрание сочинений*. Т.2. М.; Л., 1950: 683–738. [*Roginsky Ya.Ya., Tokarev S.A. N.N.Miklukho-Maclay as ethnographer and anthropologist. Miklukho-Maclay N.N. Collected works. V.2. Moscow; Leningrad, 1950: 683–738. (In Russ.)*]
6. Бутинов Н.А. Н.Н.Миклухо-Маклай — великий русский ученый-гуманист: к 100-летию его первой экспедиции на Новую Гвинею. Л., 1971. [*Butinov N.A. N.N.Miklukho-Maclay is the great Russian scientist-humanist: To the 100 anniversary of his first expedition to New Guinea. Leningrad, 1971. (In Russ.)*]
7. Алексеев В.П. Происхождение народов Восточной Европы (краниологическое исследование). М., 1969. [*Alekseev V.P. Origin of the people of Eastern Europe (craniological research). Moscow, 1969. (In Russ.)*]
8. Миклухо-Маклай Н.Н. Собрание сочинений. Т.4.: Переписка и другие материалы. М., Л., 1953. [*Miklukho-Maclay N.N. Collected works. V.4: Correspondence and other materials. Moscow; Leningrad, 1953. (In Russ.)*]

9. Померанцев П.П. Н.И.Вавилов в Географическом обществе СССР. Николай Иванович Вавилов: Очерки, воспоминания, материалы. М., 1987: 310–325. [Pomerantzev P.P. N.I.Vavilov in Geographical Society of the USSR. Nikolay Ivanovich Vavilov: Sketches, memoirs, materials. Moscow, 1987: 310–325. (In Russ.)]
10. Черников А.М. Интерес к истории науки. Николай Иванович Вавилов: Очерки, воспоминания, материалы. М., 1987: 325–333. [Chernikov A.M. Interest in science history. Nikolay Ivanovich Vavilov: Sketches, memoirs, materials. Moscow, 1987: 329–330. (In Russ.)]
11. Померанцев П.П. Н.И.Вавилов в Географическом обществе СССР. Вопросы географии культурных растений и Н.И.Вавилова: Научная сессия, посвященная 75-летию со дня рождения Николая Ивановича Вавилова. Л., 1966: 108–128. [Pomerantzev P.P. N.I.Vavilov in Geographical Society of the USSR. Questions of geography of cultural plants and N.I. Vavilov: The scientific session devoted to the 75 anniversary since the birth of Nikolay Ivanovich Vavilov. Leningrad, 1966: 108–128. (In Russ.)]
12. Архив Русского географического общества. [Archive of the Russian Geographical Society. (In Russ.)]
13. Алексеев В.П., Дебец Г.Ф. Краниометрия. Методика антропологических исследований. М., 1964. [Aleksseev V.P., Debetz G.F. Craniometry. Methods of anthropological research. Moscow, 1964. (In Russ.)]
14. Бужилова А.П. Палеопатологические исследования в России: история вопроса. Вестник Московского университета. Сер. XXIII: Антропология. 2009; 1: 31–33. [Buzhilova A.P. Paleopatological researches in Russia: background. Vestnik Moskovskogo Universiteta. Seria XXIII: Antropologia. 2009; 1: 31–33. (In Russ.)]
15. Рохлин Д.Г. Болезни древних людей (кости людей различных эпох — нормальные и патологически измененные). М., Л., 1965: 151–154. [Rokhlin D.G. Diseases of ancient people (bones of people of various eras — normal and pathologically changed). Moscow; Leningrad, 1965: 151–154. (In Russ.)]
16. Веселовская Е.В. Краниофациальные пропорции в антропологической реконструкции. Этнографическое обозрение. 2015; 2: 83–98. [Veselovskaya E.V. Craniofacial proportions in anthropological reconstruction. Etnograficeskoe obozrenie. 2015; 2: 83–98. (In Russ.)]
17. Веселовская Е.В., Григорьева О.М., Пестряков А.П., Рассказова А.В. Антропологическая изменчивость населения Восточной и Центральной Европы от Средневековья до современности. Вестник Московского университета. Серия XXIII: Антропология. 2015; 1: 4–24. [Veselovskaya E.V., Grigorieva O.M., Pestryakov A.P., Rasskazova A.V. Anthropological variability of the population of Eastern and Central Europe from the Middle Ages to the present. Vestnik Moskovskogo Universiteta. Seria XXIII: Antropologia. 2015; 1: 4–24. (In Russ.)]
18. Веселовская Е.В., Абрамов А.С., Долгов А.А., Добрецов И.В. «Программа краниофациального соответствия» при проведении антропологических исследований и практический случай ее использования. Актуальные вопросы медико-криминалистической экспертизы: современное состояние и перспективы развития: Материалы научно-практической конференции, посвященной 50-летию МКО БСМЭ Московской области. М., 2013: 116–123. [Veselovskaya E.V., Abramov A.S., Dolgov A.A., Dobretsov I.V. «The program of Craniofacial Compliance» when carrying out anthropological researches and a practical case of its use. Topical issues of medico-criminalistic examination: current state and prospects of development: Materials of the scientific and practical conference devoted to the 50 anniversary of Medical and forensic Department of the Bureau of forensic medical examination of the Moscow region. Moscow, 2013: 116–123. (In Russ.)]
19. Веселовская Е.В. Словесный портрет по черепу. Сборник трудов Всероссийской научной конференции «Палеоантропологические и биоархеологические исследования: традиции и новые методики» (VI Алексеевские чтения). СПб., 2015: 31–33. [Veselovskaya E.V. Description on a skull. Collection of works of the All-Russian scientific conference «Paleoanthropological and bioarchaeological researches: traditions and new techniques» (VI Alekseev's Readings). St.Petersburg, 2015: 31–33. (In Russ.)]

Nikolas N.Miklouho-Maclay's Will Was Executed

S.V.Vasiliev¹, E.V.Veselovskaya^{1,2}, O.M.Grigorieva¹, A.P.Pestryakov¹, M.V.Khartanovich³

¹Institute of Ethnology and Anthropology RAS (Moscow, Russia)

²Russian State University for the Humanities (Moscow, Russia)

³Peter the Great Museum of Anthropology and Ethnography (Kunstkamera) RAS (St.Petersburg, Russia)

Nikolas N.Miklouho-Maclay bequeathed his skull to science. However, immediately after the death of the scientist in 1888, his will was not executed. This article presents the complicated story of the famous traveler's skull acquisition by the Academy of Sciences. The authors of the article received this relic from the storage of Peter the Great Museum of Anthropology and Ethnography (the Kunstkamera), Saint-Petersburg. The article is devoted to the anthropological study of Miklouho-Maclay's skull and to the reconstruction of lifetime appearance on its basis. The scientific part is preceded by a description of the life of Miklouho-Maclay; the main biographical data and an essay of his travels and research are presented. The skull was studied by the craniometrical complete program. Based on a copy of real Maclay's skull two portrait sculptures were executed.

Keywords: Nikolas N.Miklouho-Maclay, anthropological reconstruction of the appearance.

Химия атмосферных осадков: 60 лет регулярных наблюдений

кандидат географических наук П.Ф.Свистов¹, Е.С.Семенец¹, М.Т.Павлова¹

¹Главная геофизическая обсерватория имени А.И.Воейкова (Санкт-Петербург, Россия)

В 2018 г. исполняется 60 лет наблюдениям за химическим составом осадков в нашей стране. В статье рассказывается об истории становления этих работ, о наиболее важных достижениях и основных результатах, полученных за истекший период. Так, показано, что около 80% загрязняющих веществ от локальных и региональных источников вымываются атмосферными осадками. Самоочищающий эффект атмосферы проявляется через пространственные и временные изменения химического состава и кислотности сухих и влажных выпадений из воздуха. Установлены их ранее неизвестные особенности в российском Заполярье. Показана высокая степень зависимости закисления осадков от природных и антропогенных факторов и прикладное значение этих работ.

Ключевые слова: атмосферные осадки, кислотность, сумма ионов, величина pH, минерализация, окружающая среда, влажные выпадения.

В 1958 г. профессора Главной геофизической обсерватории имени А.И.Воейкова (ГГО) Евгения Семеновна Селезнева и Петр Алексеевич Воронцов впервые предложили организовать наблюдения за химическим составом атмосферных осадков на значительной территории СССР. Инициативу поддержали директор ГГО Михаил Иванович Будыко, его заместитель Владислав Яковлевич Никандров и руководитель Гидрометслужбы СССР академик Евгений Константинович Федоров. Благодаря этим выдающимся организаторам и ученым в ГГО открылась специальная химическая лаборатория. Так было положено начало широким исследованиям по этой немаловажной проблеме, затрагивающей сферу интересов метеорологии, гидрохимии, почвоведения и охраны окружающей природной среды.

С самого начала группа исполнителей проекта состояла из метеорологов и химиков-аналитиков. В нее входили В.М.Дроздова, О.П.Петренчук, Т.Г.Бондаренко, Р.Ф.Лавриненко и автор этой статьи П.Ф.Свистов. В дальнейшем в работах участвовали Л.А.Васильченко, А.М.Бовыкина, Л.И.Неввонен, Л.П.Грязновская,



Петр Филиппович Свистов, кандидат географических наук, старший научный сотрудник отдела мониторинга и исследований химического состава атмосферы Главной геофизической обсерватории имени А.И.Воейкова (Санкт-Петербург), химик-аналитик. Область научных интересов — химическая география атмосферных вод.
e-mail: svistov.pf@gmail.com



Елена Сергеевна Семенец, младший научный сотрудник той же обсерватории. Занимается анализом пространственно-временного изменения кислотности осадков на территории Российской Федерации.



Маргарита Тихоновна Павлова, ведущий химик-аналитик информационно-аналитического центра той же обсерватории. Научные интересы связаны с разработкой и совершенствованием методов химического анализа природных вод.

Е.В.Савельева, Л.Э.Устинова, О.Н.Ефимова, М.А.Кузнецова, Э.И.Каява, Л.И.Буряк, С.М.Немец, Т.А.Грибова, Г.М.Святкина и Т.А.Соколова. Этот коллектив, включавший также и аналитиков региональных гидрохимических лабораторий, обслуживал более 300 станций в стране. На каждой из них был налажен специальный сбор атмосферных осадков, которые подвергались химическому, электрохимическому и спектральному анализу на 11 основных компонентов (сульфаты, хлориды, нитраты, гидрокарбонаты, аммоний, натрий, калий, кальций, магний, величина рН и удельная электропроводность), а в ГГО определялись еще и тяжелые металлы. Все региональные аналитики работали по единым методикам измерений, разработанным в нашей обсерватории, а надежность их проверялась в межлабораторных и ежегодных международных сравнениях методов химического анализа осадков. Важно отметить имена пионеров проекта в региональных лабораториях: это А.А.Сурмава и Н.В.Кахидзе (Тбилиси), Г.Ф.Галенко и Р.И.Слук (Киев), В.М.Носенко и А.А.Фишер (Алма-Ата), а также Л.Г.Пилипушка и О.И.Зиминая (Владивосток).

В конце 1980-х годов наши исследования попытались свернуть. Своим существованием в современном виде сеть мониторинга химического состава осадков обязана поддержке председателя Государственного комитета по гидрометеорологии и контролю природной среды СССР Ю.А.Израэля и заместителя директора ГГО А.С.Зайцева, в дальнейшем широко пропагандировавшего за рубежом результаты этих отечественных наблюдений.

Сотрудники ГГО принимали участие в организации химической лаборатории и сети наблюдений при Институте метеорологии Кубы. В обязанности лаборатории входила организация постов и проведение измерений загрязнения воздуха в Гаване и на никелевых комбинатах Моа и Никаро в провинции Орьенте. Сотрудники лаборатории обеспечили аналитические измерения для выбора территории под строительство атомной электростанции на Кубе. Двое из них защитили кандидатские диссертации.

С самого начала в химической лаборатории ГГО занимались также разработкой методов улавливания и химическим анализом аэрозолей, определением коррозионной активности атмосферы, а на некоторых станциях параллельно регистрировали концентрацию ядер конденсации Айткена (частиц с радиусом менее 0.1 мкм) [1]. Уникальные данные собраны в экспедициях, в том числе при самолетном зондировании атмосферы, в котором участвовали М.А.Беляшова, С.М.Немец, В.А.Ионин и Л.И.Неввонен. По результатам экспедиционных и сетевых наблюдений Селезнева сформулировала два положения: о наличии глобального фона минерализации осадков и о преобладающей зависимости их химического состава на фоновых и региональных станциях от природной зоны [2]. Кроме того, было установлено, что

примерно десятидневный период формирования химического состава осадков в равной степени отражает все основные уровни круговорота веществ в природе — глобальный, региональный и локальный. Этот комплекс работ привлек внимание геологов, гидрологов и различного рода проектировщиков, которые регулярно стали привлекать специалистов ГГО к совместным исследованиям. Из наиболее крупных работ в этом плане следует отметить сопровождение изыскательских и проектных мероприятий при строительстве приливной электростанции на Кольском п-ове (первой в мире и действующей в настоящее время), при проектировании атомных электростанций в Ливии и на Кубе, при реконструкции и строительстве второй очереди атомной станции в Ленинградской обл., при поиске источников повышенной атмосферной коррозии оптических телекоммуникаций на станциях слежения за спутниками, а также несколько проектов по обследованию загрязнения территорий, водоемов и колодцев от удаленных и локальных источников. Наиболее масштабным из них следует признать участие в международном российско-финско-норвежском проекте «Экогеохимия Баренцева региона».

Расскажем о результатах некоторых наших исследований. Независимо от конечной цели работа всегда начинается с обследования существующего состояния различных объектов окружающей природной среды, состава и количественного или полукоррозионного содержания выбранных компонентов, наружных наблюдений за возможными повреждениями растительности. Детально рассматривается режим и химические характеристики атмосферных осадков, аэрозолей и поверхностных вод.

Строительство приливной электростанции само по себе относится к неординарным событиям и связано, учитывая близость незамерзающего Баренцева моря, с необходимостью иметь материалы высокого качества. Линия электропередачи должна функционировать в условиях высокой коррозионной активности атмосферы. Источником солевой компоненты атмосферных аэрозолей служит поверхность морей и океанов. Особенно интенсивно соли выносятся у берегов, в зонах прибоев и приливов. Этой темой занимаются представители различных областей науки: метеорологи — с точки зрения микрофизики облаков и осадков, гидрохимии и гидрогеологии — при оценке солевого баланса планеты, а на ограниченных территориях — при рассмотрении засоления почв и вод суши. Сотрудники ГГО выполнили целый ряд исследований, дающих представление о выносе солей на берегах Черного, Каспийского, Аральского и Баренцева морей [3].

Попробуем составить характеристику распределения солевых частиц морского и континентального происхождения на северо-восточном побережье Кольского п-ова. Поскольку преобла-

дающей составной частью морской воды служат хлориды, их содержание в воздухе на разном расстоянии от берега рассматривается как показатель распространения солей. При отсутствии прямых исследований состава воздуха и аэрозолей для оценки изменения количества хлоридов в воздухе можно привлечь данные о химическом составе атмосферных осадков. На Кольском п-ове пробы осадков на химический анализ доставляла только одна метеорологическая станция — Дальние Зеленцы (позже ее закрыли). Она находилась на берегу одной из бухт и прекрасно отражала влияние незамерзающего Баренцева моря. Чтобы получить представление о составе атмосферных осадков на разном удалении от берега, в дополнение к данным Дальних Зеленцов были отобраны пробы озерной воды. В этом районе все небольшие озера имеют гранитное ложе. Вообще же, состав воды тундровых болот и озер определяется главным образом выпадающими осадками. Поэтому минерализация озерной воды может характеризовать их средний многолетний химический состав. Так, содержание хлоридов в осадках и озерной воде резко снижается в первых километрах, даже сотнях метров от берега (рис.1).

Помимо хлоридов, как основного компонента морских солей, интересно обратить внимание на сульфаты — характерный континентальный загрязнитель воздуха. В осадках прибрежных районов сульфатов обычно содержится мало. В пределах первых 7 км их концентрация почти не меняется и начинает возрастать только при большем удалении от берега. Следовательно, вблизи побережья в приземном воздухе содержатся сульфаты морского происхождения, а уже на суше воздух обогащается этой примесью. Особенно же велико содержание сульфатов в атмосфере промышленных районов.

Однако необходимо отметить, что полученные закономерности следует еще проверить и уточнить для разных сезонов и метеорологических условий. Очевидно, что соотношение значительно изменится в зависимости от направления ветра, а также, возможно, от его силы и волнения моря.

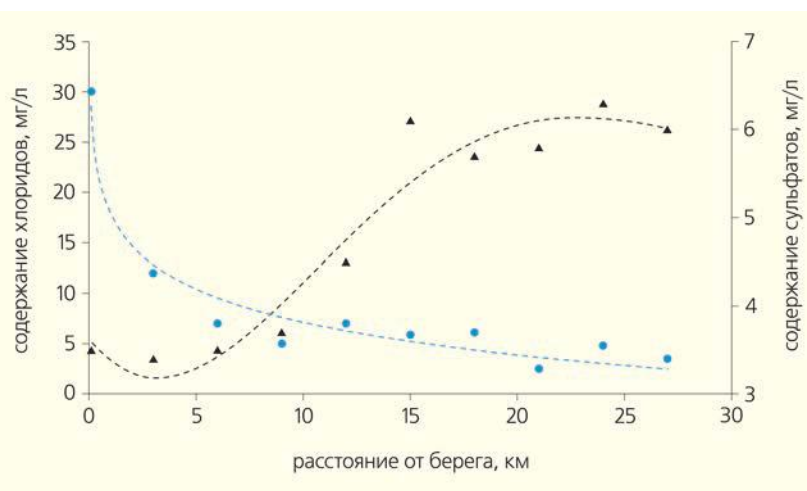


Рис.1. Точечные диаграммы содержания хлоридов (кружки) и сульфатов (треугольники) в пробах осадков и в озерной воде на Кольском п-ове на разных расстояниях от морского берега. Пунктиром соответствующего цвета показаны линии тренда — логарифмическая для хлоридов и полиномиальная для сульфатов.

В качестве следующего примера приведем временной ход минерализации, содержания сульфатов (в основном продукта окисления сернистого газа), гидрокарбонатов (результата растворения пыли) и величины pH в осадках Норильска — одного из самых загрязненных городов Российской Федерации (рис.2). Сумма ионов здесь может достигать 650 мг/л. Это абсолютно максимальное в атмосферных осадках значение, отмеченное за 60 лет. В Норильске никогда не выпадают осадки с фоновой минерализацией (1–2 мг/л). Здесь ведется борьба с загрязнением воздуха. О ее эффективности говорит тот факт, что величина всех параметров имеет тенденцию к уменьшению, а кислотность возрастает.

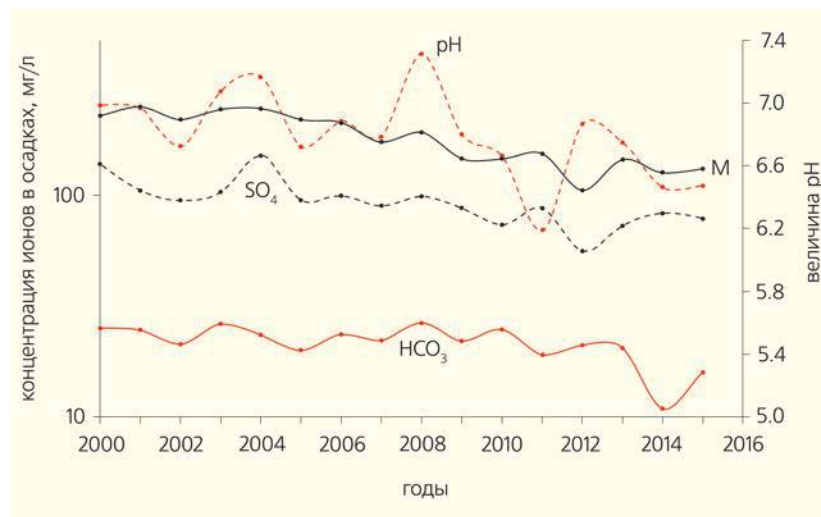


Рис.2. Изменение суммы ионов, концентраций сульфатов, гидрокарбонатов и величины pH в Норильске за 2000–2015 гг.

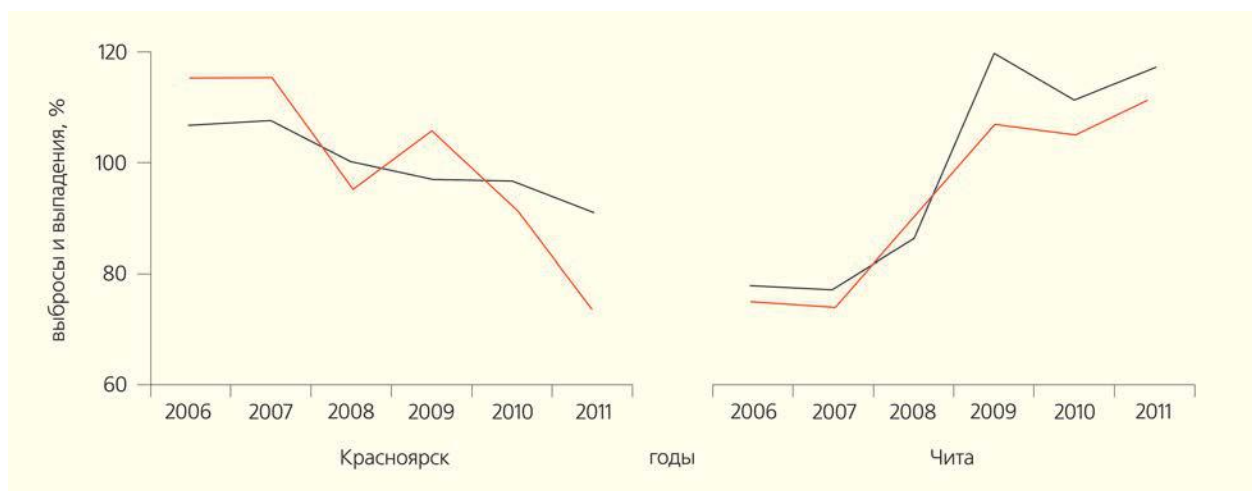


Рис.3. Изменение выбросов загрязняющих веществ (черная линия) и выпадений суммы ионов с атмосферными осадками (красная) в Красноярске и Чите за 2006–2011 гг.

Любые выбросы в атмосферу сорбируются или поступают на поверхность земли в результате сухих и влажных выпадений. Поэтому интересно также сопоставить отклонения во времени (от средней величины за 6 лет) количества выбросов в атмосферу и выпадений веществ с осадками. Эта вымывающая роль оказалась особенно тесной в Красноярске и Чите (рис.3).

Скорее гипотетический интерес представляют результаты наблюдений за распределением и ходом по восточной долготе абсолютно максимальной кислотности и минимальной минерализации

осадков в Заполярье (рис.4). Влажные выпадения с низкой суммой ионов, равной минерализации дистиллированной воды, имеют величину pH либо близкую к равновесной с углекислым газом воздуха, либо повышенную до значения $pH \approx 3.2$. Избыток в осадках гидроксония (ионов водорода) компенсируется преимущественно сульфатами и нитратами и скорее всего не оказывает никакого влияния на природную среду ввиду низкой буферной емкости растворов. Очевидно различие этих величин по регионам европейской и азиатской частей страны: в большинстве случаев максимальная

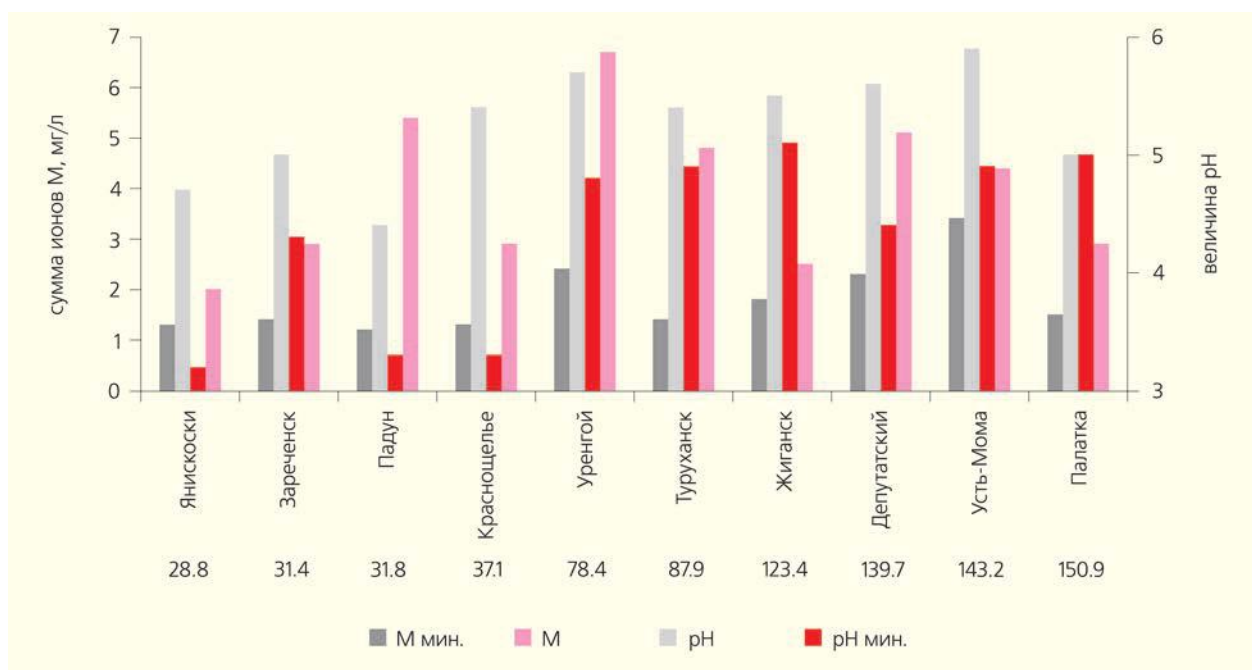


Рис.4. Распределение по станциям Заполярья абсолютно максимальной кислотности и минимальной минерализации осадков за 2003–2017 гг. Цифрами для каждой станции показаны градусы восточной долготы.

кислотность и минимальная сумма ионов наблюдаются на европейских станциях. Явление это — высокая кислотность при низкой минерализации осадков — отмечается только на заполярных станциях.

Любопытно другое: образование облаков и выпадение осадков занимают достаточно времени, чтобы диоксид углерода мог нейтрализовать любые повышения кислотности влажных выпадений, с учетом того что содержание CO₂ в воздухе приблизительно в 100 тыс. раз выше концентрации диоксида серы и любого другого газа, образующего кислоту с молекулой воды. Кстати, конденсат кислотных атмосферных осадков, полученный в лабораторных условиях, имеет при температуре 18°C удельную электропроводность 1.5 мкСм/см, минерализацию 0.7–1 мг/л и величину рН ≈ 5.6. Отклонения не превышают ±5%. Так почему же в природных условиях кислотность осадков может увеличиваться примерно в 250 раз при сохранении других параметров? Равновесное с углекислым газом воздуха значение рН = 5.6 имеет концентрацию Н⁺ = 2.5 мкмоль/л, а рН = 3.2, соответственно, имеет кислотность 631 мкмоль/л. Та же особенность осадков по средним данным отмечается в таблицах для всех наиболее чистых станций Заполярья (табл.).

В качестве попытки объяснения отмеченного феномена (повышенная кислотность — низкая минерализация) приведем высказывание выдающегося ученого Я.И.Френкеля: «Вопрос о происхождении ядер конденсации водяного пара в атмосфере, вызывающих конденсацию при ничтожном пересыщении, а иногда и в ненасыщенном паре, остается до сих пор неясным. <...> Ядра конденсации водяного пара возникают под влиянием ультрафиолетового излучения Солнца над слоем озона, и далее, под влиянием своего веса, опускаются в нижние слои атмосферы» [4]. В указанной зоне идентифицировано более 300 заряженных и нейтральных частиц. Воздушная среда, ввиду присутствия озона, — окислительная. В закислении слабominерализованных осадков заметную роль играют газовые и аэрозольные примеси атмосферного воздуха и их преобразования. Для приземного воздуха в качестве сравнения начнем с диоксида углерода, средняя концентрация которого близка к 0.035% (350000 ppb ≈ 680.3 мг/м³).

Таблица

Описательная статистика станций за период наблюдений

Показатели	рН			М, мг/л		
	Мин.	Ср.	Макс.	Мин.	Ср.	Макс.
Янискоски (европейская часть РФ)						
Среднее	4.1	4.9	5.9	1.7	5.5	16.7
Стандартная ошибка	0.1	0.2	0.2	0.2	0.8	3.4
Медиана	4.1	4.8	5.7	1.7	4.4	12.7
Мода	—	—	5.7	—	—	—
Стандартное отклонение	0.5	0.5	0.7	0.7	2.9	12.9
Дисперсия выборки	0.2	0.3	0.4	0.5	8.7	165.7
Эксцесс	1.2	1.7	-1.0	1.8	1.6	1.9
Асимметричность	0.4	1.3	0.2	1.1	1.5	1.5
Интервал	2.0	2.1	2.0	2.6	9.8	44.0
Минимум	3.2	4.2	4.9	0.6	2.8	5.1
Максимум	5.2	6.2	6.9	3.2	12.6	49.1
Счет	14	14	14	14	14	14
Уровень надежности	0.3	0.3	0.4	0.4	1.7	7.4
Туруханск (азиатская часть РФ)						
Среднее	4.8	5.8	6.6	3.1	7.2	22.6
Стандартная ошибка	0.1	0.1	0.1	0.2	0.3	1.7
Медиана	4.8	5.8	6.8	2.9	6.7	19.2
Мода	4.7	—	6.9	2.8	—	—
Стандартное отклонение	0.4	0.4	0.6	1.3	2.2	12.7
Дисперсия выборки	0.2	0.1	0.3	1.6	5.0	162.1
Эксцесс	0.8	-0.9	-0.4	8.6	1.0	0.5
Асимметричность	-0.6	-0.4	-0.3	2.5	1.0	1.0
Интервал	2.1	1.2	2.5	7.3	10.6	53.1
Минимум	3.5	5.0	5.5	1.4	3.9	5.9
Максимум	5.6	6.2	8.0	8.8	14.4	59.0
Счет	55	55	55	55	55	55
Уровень надежности	0.1	0.1	0.2	0.3	0.6	3.4

Далее идут озон — от 15–20 до 50 ppb, оксиды азота — 0.1–0.3 ppb, оксиды серы — 0.01–0.1 ppb, аммиак — 1 ppb, пероксид водорода — 0.1–10 ppb. Если над дистиллированной водой увеличить в 10 раз концентрацию диоксида углерода (до 0.3%), то величина рН от равновесной 5.6 уменьшится до 5.2, а при содержании CO₂ выше 1% понизится до 4.9. Эти данные и расчетные показатели проверены экспериментально и вошли в учебники по гидрохимии. Подобный расчет (по закону Дальтона—Генри) для диоксидов серы и азота при фоновых концентрациях в воздухе (0.1 ppb) приводит к значению рН ≈ 4.6–4.5. Полученные значения рН = 5.8 показывает, что даже очень низкие концентрации аммиака (0.5 ppb) понижают кислотность осадков. Из рассматриваемых компонентов остаются озон и нейтральный гидроксильный радикал, природные концентрации которых, выраженные числом молекул в кубическом сантиметре, составляют: [O₃] = 4·10¹¹ см⁻³ и [ОН] = 10⁶ см⁻³ соответственно.

Диоксиды азота и серы в реакциях с озоном и, возможно, с гидроксильными радикалами превращаются в азотную кислоту и гидросульфит радикал с переходом в серную кислоту. Эти соединения легко растворяются в воде и эффективно вымываются атмосферными осадками, а мо-

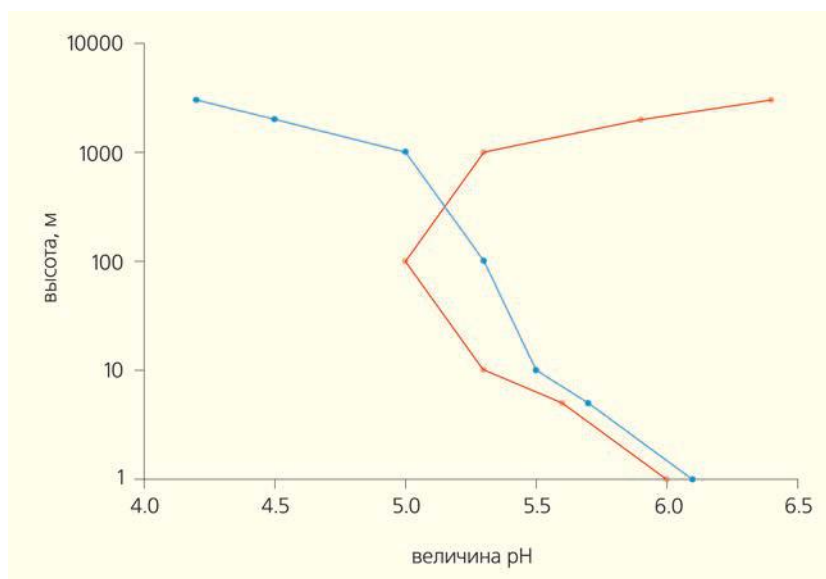


Рис.5. Изменение величины pH облачных капель с высотой при наличии (красная линия) либо при отсутствии (голубая линия) инверсии в свободной атмосфере.

жет быть, и принимают участие в их образовании. Очень важно, что из-за постоянно повышенного в Заполярье содержания озона в воздухе прямое образование кислот поддерживается перманентно. Таково возможное толкование гипотезы Френкеля. В связи с этим будет интересно рассмотреть данные, полученные при вертикальном зондировании атмосферы. В работах на Кольском п-ове, а затем и в других регионах с использованием самолетов и вертолетов проводилось зондирование слоисто-дождевых облаков (рис.5). Хорошо известная задерживающая роль

или понижают кислотность пробы. Естественно, адекватная величина кислотности получается только в выпадающих осадках.

В настоящее время сеть наблюдений за химическим составом осадков состоит из 221 станции, которые условно подразделяются на фоновые, региональные и городские. Данные по фоновым станциям регулярно отправляются в международный центр Глобальной службы атмосферы Всемирной метеорологической организации. Качество измерений контролируется международными и национальными сравнениями методов анализа. Сотрудники ГГО продолжают участвовать в санитарно-гигиенических, изыскательских и поисковых работах.

Мы всеми силами стараемся сохранять и поддерживать высокий уровень исследований. Это было бы невозможно без помощи наших коллег Н.А.Першиной, А.И.Полищук и И.Д.Павловой.

По результатам измерений химического состава осадков и аэрозолей защищены две докторские (Селезнева и Петренчук) и восемь кандидатских диссертаций, получены пять авторских свидетельств. Сотрудники ГГО стали соавторами Руководства по контролю загрязнения атмосферы (РД 52.04.186-89), кроме того, Першина и Полищук участвуют в создании нового Руководства по атомно-абсорбционному анализу осадков

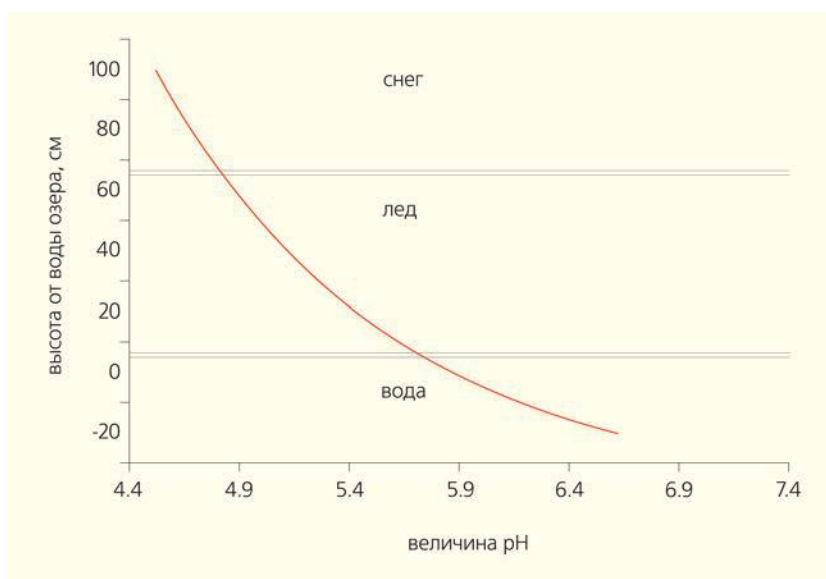


Рис.6. Вертикальный профиль величины pH в снежном и ледовом покровах Ладожского озера.

и аэрозолей на металлы, находящегося уже в стадии завершения. Начиная с 1958 г. каждые пять лет мы издаем сборники «Ежегодные данные по химическому составу и кислотности атмосферных осадков» (до 1990 г. они были ежемесячными). Каждый год выпускается «Методическое письмо о состоянии работ по наблюдению за химическим составом и кислотностью атмосферных осадков». Наши исследования представляются на многочисленных конференциях, публикуются в обзорах состояния и загрязнения окружающей среды в РФ. Результаты наблюдений систематически печатаются в многочисленных российских и зарубежных научных и научно-популярных журналах.

Интересно будет попытаться в нескольких предложениях обобщить основные результаты, полученные за минувшие 60 лет. Итак, установлено, что минерализация атмосферных осадков на территории нашей страны изменяется в интервале от 1 до 650 мг/л, а кислотность (pH) — от 3.2 до 8.5. Повторяемость атмосферных осадков с антропогенными загрязнителями составляет примерно 85%, и лишь около 1% осадков представляют собой дистиллированную воду ($M = 0.6-2.0$ мг/л), нахо-

дящуюся в равновесии с углекислым газом воздуха (pH \approx 5.6). Установлена и пока не имеет объяснения повышенная кислотность (до pH \approx 3.2) при низкой минерализации (1.4–6 мг/л) осадков в Заполярье. Химический состав и кислотность осадков выполняют в природе двойную роль: они загрязняют окружающую природную среду, но вместе с тем обеспечивают самоочищение атмосферного воздуха и вод суши. Повышенная кислотность и минерализация осадков приводят к атмосферной коррозии металлов, эрозии памятников архитектуры, закислению почвы, а в период выпадения вместе с аммиаком и сульфитами способствуют гибели некоторых сельскохозяйственных культур и водных обитателей.

Измерения химического состава осадков — наиболее простой и доступный способ наблюдения за общим загрязнением воздуха. Это независимый и дешевый метод оценки эффективности дорогостоящих мероприятий по снижению выбросов в атмосферу. Поэтому мы надеемся, что в ближайшие годы наши исследования будут развиваться и останутся по-прежнему востребованными во многих отраслях науки и народного хозяйства. ■

Литература/References

1. Селезнева Е.С. Атмосферные аэрозоли. Л., 1966. [*Selezneva E.S. Atmospheric aerosols. L., 1966. (In Russ.)*]
2. Химический состав атмосферных осадков на Европейской территории СССР. Под ред. Е.С.Селезневой. Л., 1964. [Chemical composition of atmospheric precipitation in the European territory of the USSR. E.S.Selezneva (ed.). L., 1979. (In Russ.)]
3. Петренчук О.П. Экспериментальные исследования атмосферного аэрозоля. Л., 1979. [*Petrenchuk O.P. Experimental studies of atmospheric aerosol. L., 1979. (In Russ.)*]
4. Френкель Я.И. О фотохимическом механизме возникновения ядер конденсации в земной атмосфере. Известия Академии наук СССР. Серия геофизическая. 1953; 2: 191–192. [*Frenkel Ya.I. On the photochemical mechanism of the emergence of condensation nuclei in the Earth's atmosphere. Izvestiya Akademii Nauk SSSR. Seriya Geofizicheskaya. 1953; 2: 191–192. (In Russ.)*]

Atmospheric Precipitation: 60 Years of Regular Observations

P.F.Svistov¹, E.S.Semenets¹, M.T.Pavlova¹

¹*A.I.Voeikov Main Geophysical Observatory (St.Petersburg, Russia)*

2018 marks 60 years of observations of the chemical composition of precipitation in our country. The article tells about the history of these work formation, about the most important achievements and the main results obtained over the past period. The results of the assessments show that about 80% of air pollutants from local and regional sources are washed away by precipitation. Self-cleaning effect of the atmosphere is showed through spatial and temporal changes of chemical composition and acidity of wet and dry air dropout. The previously unknown features have been discovered during the studies in the Russian Arctic. High degree of acidification variability of precipitation because of natural and anthropogenic factors and the applied value of these observations are shown.

Keywords: precipitation, acidity, the amount of ions, pH, salinity, environment, wet dropout.

Роль визуальных наблюдений в глубоководных исследованиях океана

А.М.Сагалевич

Институт океанологии имени П.П.Ширшова РАН (Москва, Россия)



Исследования, проведенные с помощью глубоководных обитаемых аппаратов, позволили океанологам совершить важнейшие открытия. Благодаря непосредственным визуальным наблюдениям с борта глубоководных аппаратов «Мир» российские ученые описали новые гидротермальные поля на дне Мирового океана и уточнили представления о сообществах гидротермальной биоты.

Ключевые слова: гидротермальные поля, глубоководный обитаемый аппарат, метановые сипы, хемосинтез, бактериальные маты, флюид.

Открытие гидротермальных полей на дне океана — одно из самых значимых научных достижений XX в. В 1977 г. во время погружения на обитаемом глубоководном аппарате «Алвин» в районе Галапагосских о-вов американские ученые описали невиданное прежде сообщество животных, обитавших в очень горячих придонных водах. Необычное для подобных глубин буйство жизни ошеломило наблюдателей [1]. В дальнейшем специалисты установили, что основу пищевой цепи гидротермальной биоты составляют хемосинтезирующие бактерии.

Спустя год, продолжая наблюдения из аппарата «Алвин», исследователи обнаружили горячий флюид (поток веществ из глубинных горизонтов земной коры), поступающий в виде черного «дыма» из сульфидных труб на дне океана; на выходе его температура достигала 300–400°C. Такие гидротермальные источники получили имя «черных курильщиков» [2]. А затем последовали открытия метановых сипов, или просачиваний газа, сквозь осадочную толщу с образованием на дне так называемых бактериальных матов — сообществ метанотрофных микроорганизмов, подобно снегу покрывающих обширные пространства.

Представления ученых о том, что гидротермальные излияния в виде «черных курильщиков» возникают только при высокой скорости спрединга* (в районе Восточно-Тихоокеанского поднятия она составляет до 18 см/год), были пересмотрены после открытия американского исследователя Питера Роны в 1986 г. Он провел визуальные наблюдения и описал фауну горячих источников Срединно-Атлантического хребта, доказав, что гидротермы на дне океана есть и в рай-

* Срединг — геодинамический процесс раздвигания жестких литосферных плит под действием нагнетаемого снизу магматического расплава в области рифтов срединно-океанических хребтов. — *Примеч. ред.*



Анатолий Михайлович Сагалеви́ч, доктор технических наук, руководитель лаборатории научной эксплуатации глубоководных обитаемых аппаратов Института океанологии имени П.П.Ширшова РАН. Герой Российской Федерации. Совершил более 500 погружений в качестве главного пилота, проведя под водой свыше 4 тыс. часов. В 1989–2007 гг. — руководитель экспедиций глубоководных обитаемых аппаратов (ГОА) «Мир» на дно Мирового океана. В 2008–2011 гг. — руководитель экспедиций ГОА «Мир» на дно оз. Байкал и Женевского озера. Научные интересы — разработка технологий и методик, позволяющих ученым вести непосредственные наблюдения на больших глубинах с использованием самого современного научного и навигационного оборудования. С огромной самоотдачей занимается популяризацией достижений отечественной океанологии. Постоянный автор «Природы» на протяжении почти 40 лет. e-mail: sagalev1@yandex.ru

Редакция «Природы» поздравляет Анатолия Михайловича Сагалеви́ча с 80-летием!

онах с медленным раздвижением тектонических плит (около 2 см/год).

Благодаря целой серии открытий в настоящее время известно около 200 гидротермальных полей, приуроченных главным образом к срединно-океаническим хребтам, районам задугового спрединга, другим тектонически активным участкам Мирового океана. И определяющую роль в их поиске сыграли глубоководные обитаемые аппараты (ГОА).

Уникальный опыт научных открытий «через иллюминатор»

Визуальные наблюдения с борта ГОА позволили изучить гидротермальные процессы на дне океана с максимальной детальностью и высокой степенью достоверности. В последние два десятилетия для этих целей все шире применяются телеуправляемые аппараты и роботы, однако исследование океана через мониторы не отменяет ценности наблюдений на глубине, когда встречаешься с уникальными явлениями непосредственно. И конечно, ни один другой метод не подарит неповторимых эмоций, присущих этой сложной работе, требующей от наблюдателей особой подготовки.

Обитаемые и телеуправляемые аппараты, разумеется, нерационально использовать для глобального поиска гидротермальных явлений на дне океана ввиду ограниченности их возможностей в передвижении и энергообеспечении. Однако они незаменимы при детализации исследований, когда гидротермальное поле найдено с помощью буксируемых аппаратов, многолучевых эхолотов либо традиционных средств (пробоотборников, измерительных зондов и т.д.). С помощью ГОА открыто большинство горячих источников на дне океана. «Алвин» (США), «Нотиль» (Франция), «Шинкай-6.5» (Япония) и наши «Мир-1 и -2» внесли значительный вклад в развитие океанологии. Глубоководные визуальные наблюдения развиваются и в XXI в.: в 2012 г. в Китае введен в строй новый ГОА «Яолонг» с рабочей глубиной 7000 м (табл.1).

Специалисты Института океанологии имени П.П.Ширшова РАН (ИО РАН) начали изучение горячих придонных флюидов около 30 лет назад. В 1985 г. с помощью ГОА «Пайсис VII и XI» (глубина погружения до 2000 м) мы исследовали гидротермальные поля Хуан де Фука и Гуаймас в Тихом океане, а также метановые сипы в районе о.Парамушир на Дальнем Востоке. С вводом в строй ГОА «Мир-1 и -2» (максимальная глубина погружения

6000 м) возможности ИО РАН значительно расширились, так как для наблюдений стало доступно 98% площади дна Мирового океана [3]. С помощью «Мир-1» было проведено 35 океанических экспедиций в 23 гидротермальных района Атлантического, Тихого и Северного Ледовитого океанов. В полях ТАГ, Рэйнбоу, Гуаймас и некоторых других мы погружались по три-четыре раза, что помогло проследить закономерности их развития. И именно «Миры» первыми побывали на поле Логачёва (14°45'с.ш., Срединно-Атлантический хребет), подводном вулкане Пийпа в Беринговом море и на мощном метановом сипе Хаакон Мосби в Норвежском море. Я хочу рассказать о ключевых погружениях в каждом из трех названных гидротермальных районов.

Путешествие на подводный вулкан

В 1989 г. ученые Института вулканологии и сейсмологии ДВО РАН на Камчатке впервые обнаружили в районе вулкана Пийпа в Беринговом море температурные аномалии. Анализ отобранных со дна гидротермально измененных образцов геологических пород позволил предположить наличие

здесь гидротермальных излияний. В августе 1990 г. состоялось погружение ГОА «Мир-1» с участием биолога Льва Москалева, борт-инженера Дмитрия Васильева и автора статьи.

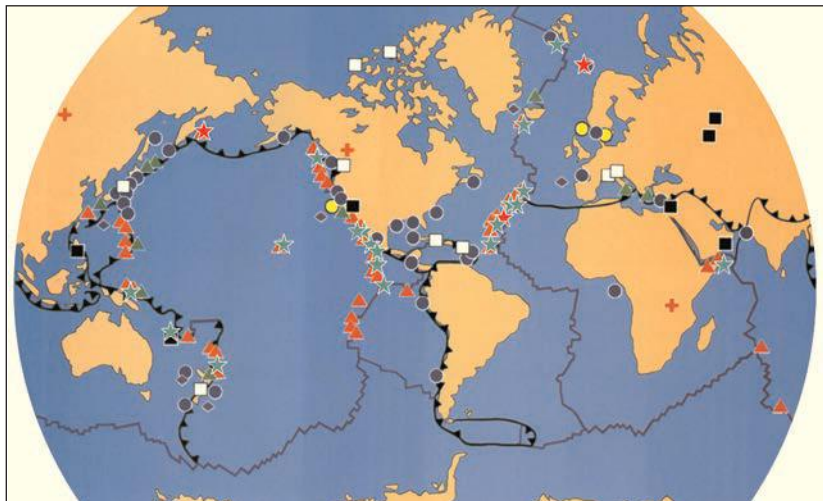
В задачи наблюдателя входило определение видов встреченных животных и визуальная оценка плотности их поселений. Москалев, ученик выдающегося биоокеанолога академика Льва Александровича Зенкевича, предполагал, что во время погружения на одну из двух вершин вулкана Пийпа мы увидим сообщества животных, маркирующих гидротермальные проявления — прежде всего, гигантских двухстворчатых моллюсков калиптоген (размеры некоторых видов достигают почти 30 см) и червеобразных животных вестиментифер. Однако жизнь внегла свои коррективы.

Дело в том, что на глубине 380 м на склоне вулкана мы впервые в этом районе (!) обнаружили «белые курильщики». «Мир-1» парил над пустынной поверхностью, покрытой белой, будто гипсовой, коркой. Донных животных не было видно. Посреди этой мертвой территории воз-

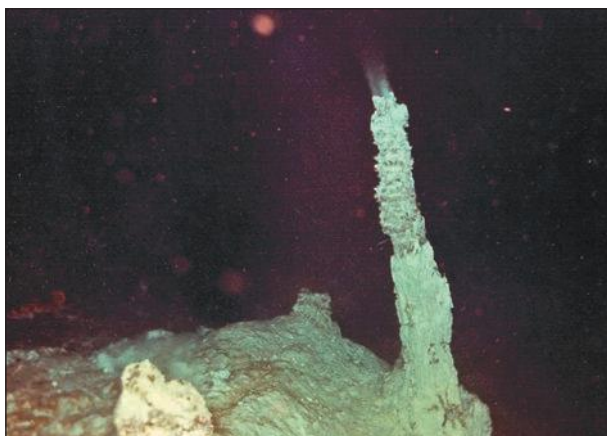
Таблица 1

Глубоководные обитаемые аппараты, внесшие наибольший вклад в исследования гидротермальных полей на дне океана

Аппарат	Глубина погружения	Страна	Год создания
«Алвин»	4500/6500	США	1975/2010
«Нотиль»	6000	Франция	1985
«Мир-1»	6000	Россия	1987
«Мир-2»	6000	Россия	1987
«Шинкай 6.5»	6500	Япония	1989
«Яолонг»	7000	Китай	2012



Карта гидротермальных полей и холодных высачиваний (современных и ископаемых) [4]. Звездочками отмечены районы, исследованные ГОА «Мир»; красными звездочками — поле Логачёва, вулкан Пийпа, грязевой вулкан Хаакон Мосби.



На подводном вулкане Пийпа: гидротермальный источник, выносящий из недр флюид, насыщенный метаном (слева), и бактериальные маты на глубине 400 м.

вышалась белая труба высотой 1.5 м, из которой, словно из газовой горелки, была под большим напором белая струя. Зондирование показало, что на выходе из жерла источника температура флюида не превышает 110°C (напомню, что в «черных курильщиках» температура составляет 320–400°C). Анализ отобранных геологических образцов, проведенный в лаборатории научно-исследовательского судна (НИС) «Академик Мстислав Келдыш», свидетельствовал: вокруг «белого курильщика» преобладают химические соединения кальция и бария. У подножия трубы обильно выделялись пузырьки газа, и Москалев высказал мнение, что тут выходит метан. Версия о составе газовой смеси подтвердилась при лабораторном анализе отобранных проб: 80.6% составил метан (табл.2).

Во время работы на глубине вспоминаются слова великого русского ученого В.И.Вернадского о «всюдности жизни». На протяжении всего погружения на вулкан Пийпа мы встречали бактериальные маты, развивающиеся за счет хемосинтеза, и в некоторых местах отобрали пробы. На склоне одной из вершин вулкана, на глубине 400 м, нас ждало портясающие зрелище: в горячих струях флюида, бьющего из зияющего проема размером 0.5 м², колыхались бактериальные маты, словно огромные куски материи. Окрашенные в белые, ярко-желтые, оранжевые, серые тона, они напоминали костер с причудливыми формами пламени, на который можно смотреть часами, не замечая течения времени. Пожалуй, это был один из самых ярких эпизодов нашего путешествия.



Биоокеанолог Л.И.Москалев. В качестве наблюдателя он провел в глубоководных аппаратах 200 ч.

Таблица 2

Состав газовой смеси, отобранной в гидротермальном источнике вулкана Пийпа

Компоненты газовой смеси	CH ₄	H ₂	N ₂	O ₂	Ar	CO ₂	He	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	i-C ₄ H ₁₀	n-C ₄ H ₁₀
Состав, %	80.58	0.001	16.75	0.73	0.32	1.35	0.04	0.27	0.026	0.0024	0.0013



Поселения калиптоген на южной вершине подводного вулкана Пийпа.

Что же касается сообществ калиптоген, маркирующих гидротермальные и метановые выходы, их мы увидели при обследовании южной вершины вулкана Пийпа. Так было открыто самое северное (из известных в то время) и самое мелководное местообитание этих животных, и их ареал удалось уточнить благодаря визуальным наблюдениям [4].



А.М.Сагалевич и Ю.А.Богданов около аппарата «Мир».

Русская точка на карте гидротермальных полей

Гидротермальное поле Логачёва найдено учеными ВНИИОкеангеологии (Санкт-Петербург) в 1994 г. Приборы, опущенные с борта НИС «Профессор Логачёв», зафиксировали высокотемпературные аномалии; затем со дна подняли образцы сульфидов, а с помощью телеуправляемого аппарата были получены фотографии черных дымов. Детальные исследования предстояло провести специалистам ИО РАН, прибывшим на НИС «Академик Мстислав Келдыш» с ГОА «Мир-1 и -2» на борту в феврале 1995 г. Мы осуществили двойное погружение аппаратов. Экипаж ГОА «Мир-1» состоял из геолога Юрия Александровича Богданова, борт-инженера Дмитрия Витальевича Войтова и автора настоящей статьи — командира.

Когда аппарат опустился на грунт на глубине 3100 м, наблюдатель указал, что, в отличие от другого обследованного нами района Срединно-Атлантического хребта — гидротермального поля ТАГ (26°с.ш.), — здесь почти нет базальтов, дно слагают ультраосновные магматические породы серпентиниты. Мы отметили бедность фауны — в иллюминаторе лишь изредка проскальзывали макрусы, актинии, губки. Наши ожидания новых находок гидротермальных источников, основанные на предварительных выводах коллег из ВНИИОкеангеологии, начали оправдываться на глубине 3020 м, где крутизна склона заметно возросла: появился струящийся темный дым, свойственный «черным курильщикам», но не восходящий, как это бывает обычно, а... стелящийся по дну. Из небольшой воронки на дне океана валил мощный поток черной взвеси — ее уносило те-

чение, направленное поперек склона. Как это объяснить? Горячий флюид, выходящий из жерла сульфидной трубы «курильщика» легче холодной придонной воды, и, казалось бы, должен подниматься вертикально вверх. Наш наблюдатель Богданов предположил, что мы встретили «тяжелый флюид», насыщенный веществами, которые, несмотря на высокую температуру, заставляют его «лечь на дно». Юрий Александрович основывался на том, что предварительно отобранные коллегами образцы представляли собой ультраосновные породы, а значит, вероятно, поток поднимается из глубинных слоев океанической коры. И последующий анализ пробы, взятой непосредственно из источника «дыма», подтвердил высказанную гипотезу.



Сульфидная труба гидротермального источника с поселениями мидий на ней (слева) и отбор мидий сачком у основания гидротермального источника с помощью манипулятора ГОА «Мир». Видны отдельные креветки, крабы, актинии.

тезу: плотность флюида оказалась выше, чем придонной воды.

Благодаря визуальным наблюдениям был впервые описан новый тип гидротермального источника, формирующегося в верхней части мантии, откуда флюид мигрирует через всю толщу океанической коры к поверхности дна. Кроме того, оказалось, что «курильщик» располагается не в осевой части срединно-океанического хребта, а на краевом уступе рифта. В том памятном погружении на поле Логачёва мы встретили еще два таких гидротермальных источника со стелящимся по дну «дымом». Однако расцвета глубоководной жизни, свойственной районам с активными гидротермальными процессами, не было и в помине, пока на глубине 2940 м аппарат не вышел на склон с «классической» трехметровой гидротермальной трубой, из которой столб черного дыма устремлялся ввысь. Постройку «курильщика» облепили крупные (до 10–12 см) мидии; здесь были десятки креветок и разреженные



Поселения мидий и бактериальные маты на сочениях метана через осадок.



На склоне подводного вулкана Пийпа: поселения губок на глубине 750 м (слева) и разнообразных кишечнополостных.

поселения голубых актиний размером 3–4 см. Но наибольшее впечатление произвело открывшееся из иллюминатора обширное «снежное поле» из бактериальных матов — поселений бактерий в местах высачивания метана из глубинных горизонтов.

Лабораторный анализ отобранных образцов геологических пород и глубоководных животных позволил пролить свет на природу явлений, определить источник жизнедеятельности биоты — хемосинтез. Конечно, было бы разумно организовать мониторинг развития обнаруженных гидротерм. Но для этого необходимы донные станции с измерительными приборами и ловушками для сбора взвешенного в воде осадочного материала, с видео- или фотосъемкой, фиксирующей состояние биологического сообщества. И нужно периодически повторять погружения ГОА для визуальных наблюдений. В конце 1990-х годов, да и в наши дни отечественные ученые могут лишь мечтать о таких исследованиях.

Явление глубинной гидротермальной циркуляции, открытое во время погружения 1995 г., Богданов блестяще описал в наших совместных книгах и статьях [5]. Эти работы получили международное признание. Впоследствии я рассказал об уникальных наблюдениях в журнале «Deep Sea Research» [6]. Зарубежные коллеги называют поле Логачёва русской точкой, принимая во внимание то, что этот район найден российскими учеными и открытия сделаны именно во время погружений «Миров». За последние два десятилетия специалисты обнаружили еще несколько гидротермальных полей на прилегающих территориях.

В поисках газогидратов на дне Норвежского моря

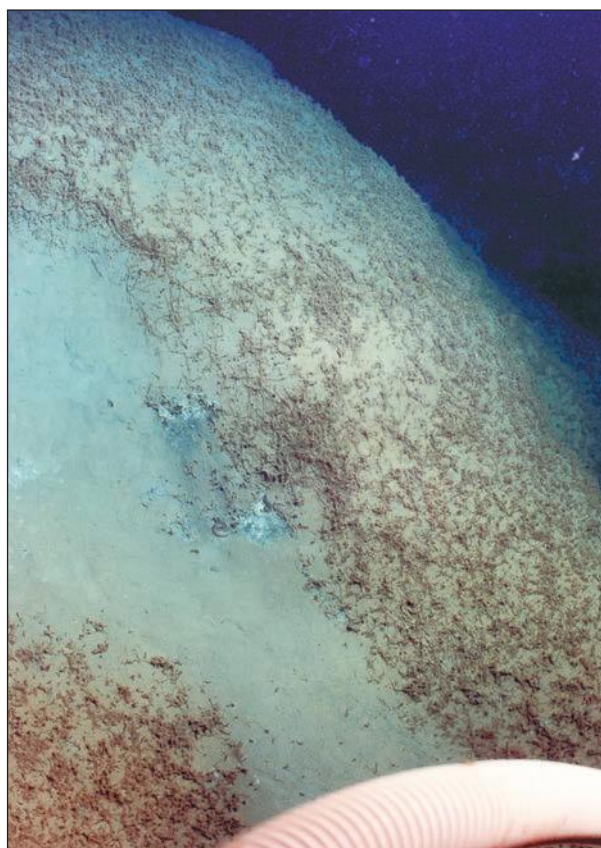
Первыми обитаемыми аппаратами на грязевом вулкане Хаакон Мосби в Норвежском море были «Миры» во время международной экспедиции 1998 г. на НИС «Академик Мстислав Келдыш», состоявшейся с участием специалистов Института океанологии имени П.П.Ширшова РАН, ВНИИОкеангеологии, Бергенского университета (Норвегия), Военно-морской исследовательской лаборатории в Вашингтоне (США), Центра Гельмгольца по исследованию океана в Киле (Германия).

Хаакон Мосби находится далеко за полярным кругом, на 72°с.ш., он был обнаружен в 1995 г. норвежско-американской экспедицией и назван в честь судна-первооткрывателя. Спустя год российские ученые на НИС «Профессор Логачёв» исследовали этот район с помощью буксируемого аппарата, который был оборудован локатором бокового обзора и фотокамерой, а также пробоотборниками. Фотографии запечатлели почти сплошной белый покров на обширных участках дна, причем в пробах осадков оказались метано-

вые газогидраты. И многие участники экспедиции предполагали, что эти вещества выходят здесь на поверхность, формируя облик донного ландшафта. Однако светлый фон могли придавать и бактериальные маты. На этот и многие другие вопросы должна была ответить новая международная экспедиция с участием ГОА «Мир», с прямыми наблюдениями через иллюминаторы, отбором образцов и сопутствующими измерениями. Кроме того, использовали буксируемый аппарат ВНИИОкеангеологии и традиционные технические средства исследования с борта судна. В первое погружение отправились наблюдатель Богданов, борт-инженер Войтов и я.

Богданов был самым опытным подводным наблюдателем в России, а возможно, и в мире. Его первые погружения состоялись в Красном море на аппарате «Пайсис XI» в 1980 г. Мы много раз работали вместе на ГОА «Мир». На этот раз я посадил аппарат на грунт в 1 км от центра вулкана Хаакон Мосби на глубине 1300 м, и мы начали движение к объекту исследования с его западной окраины, вооружившись картой, построенной по данным специалистов НИС «Профессор Логачёв».

Высота внешнего вала, опоясывающего вулкан, составила около 6–7 м. На внутреннем склоне мы отобрали образцы донных беспозвоночных жи-

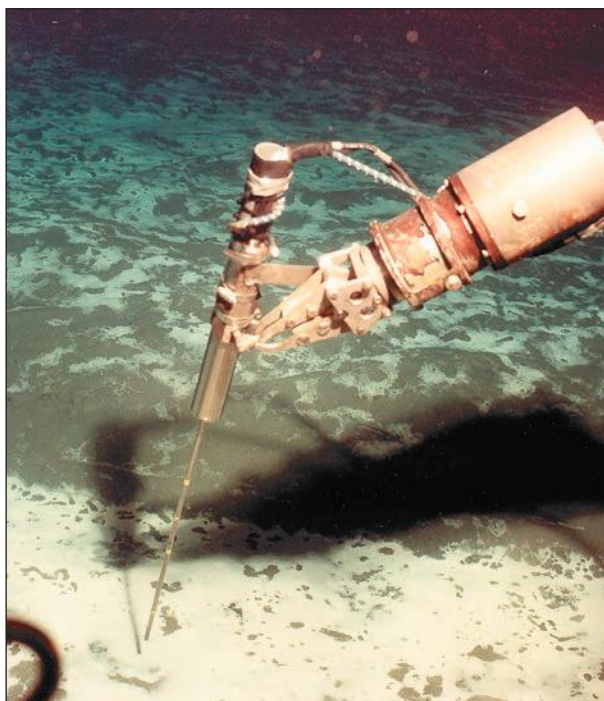


Погонофоры на внутреннем склоне вала, окаймляющего грязевой вулкан Хаакон Мосби.

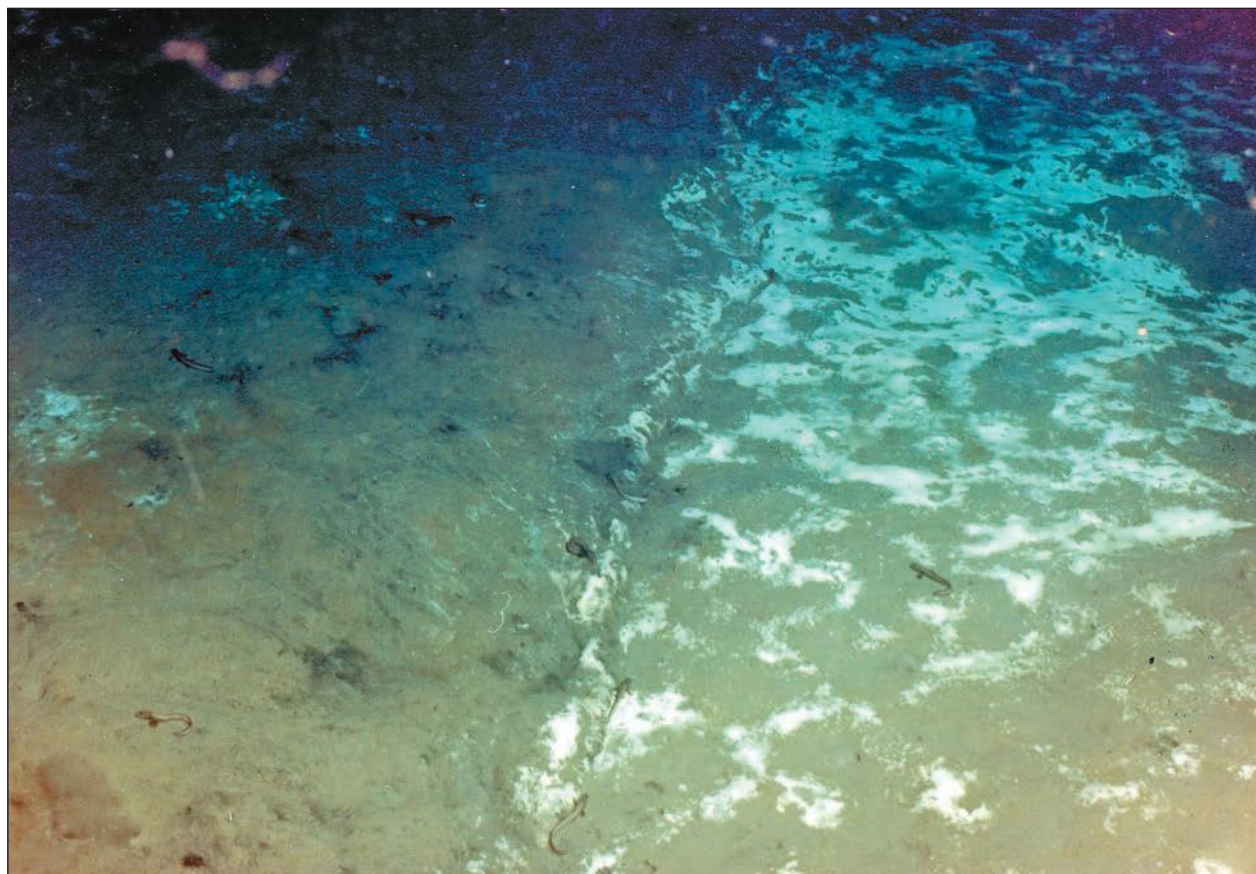
вотных погонофор, похожих на желтые трубочки (или стебельки скошенной соломы) диаметром 3–4 мм и высотой 4–5 см. Эти обитатели океана присутствовали на протяжении всего пути следования от внешнего вала к центру вулкана. Примечательно, что до нашего погружения на Хаакон Мосби ученые не знали, как выглядят поселения погонофор — мы первыми зафиксировали их на фото пленке, хотя по образцам, вынутым при тралении, советский зоолог Артемий Васильевич Иванов уже подробно описал их в 1952 г.

На пути нам встречались покрытые желтовато-коричневым осадком холмы высотой до 2–3 м. На их склонах мы увидели конические, цилиндрические и похожие на кораллы образования размером до 30 см — карбонатные постройки. А на ровной поверхности дна между холмами были заметны отдельные белые пятна. Газогидраты или бактериальные маты? При отборе проб мы убедились, что вещество пятен мягкое, как пух, и уже не сомневались в том, что имеем дело с поселениями бактерий. Анализ подтвердил это.

ГОА «Мир-1» миновал еще один вал, опоясывающий центр вулкана. На внутреннем склоне этого метрового «барьера» желтый цвет донного осадка сменился черным. А за валом нашим глазам открылось совершенно новое зрелище: каль-



Бактериальные маты в центральной части вулкана. В манипуляторе ГОА «Мир» — измеритель теплового потока.



Граница перехода от поверхности дна, покрытой бактериальными матами, к центру вулкана — «зона котлов».

дера — внутренняя часть вулкана, покрытая бактериальными матами белых и серых оттенков. Детальное обследование этой территории на глубине 1300 м с визуальными наблюдениями, фото- и видеосъемкой, одновременной записью данных с гидрофизических и гидрохимических датчиков и с отбором проб позволило получить интересные данные. Когда мы вышли из южной части кальдеры, рябой рисунок бактериальных матов постепенно сменился сплошным белым покрывалом толщиной 10–12 мм. При движении ГОА дальше на север «снежное» полотно исчезло и вместо него появилась сплошная черная масса — восстановленные газонасыщенные отложения (остаточная концентрация метана в них достигает 300 мл/л). Это — центр вулкана, или «зона котлов», где тепловой поток достигает максимальных величин.

В общей сложности мы сделали в районе вулкана Хаакон Мосби четыре парных погружения ГОА «Мир» и заглянули во все уголки этого удивительного места на дне Норвежского моря. Но прямых доказательств выхода газогидрата на поверхности дна так и не нашли. Между тем отбор проб донных осадков с борта судна, проведенный в перерывах между погружениями, показал присутствие газогидратов на отметке, соответствующей глубине в несколько десятков сантиметров под поверхностью дна. Наши иностранные коллеги были уверены, что в центре или в какой-либо другой точке кальдеры находится метановый гейзер, и мы попытались найти его с помощью судового эхолота. Записи как будто подтвердили присутствие объекта, похожего на гейзер, поэтому следующее многочасовое по-

гружение было полностью посвящено его поискам. К сожалению, безрезультатным.

Логика глубоководных открытий

Что делало визуальные наблюдения через иллюминаторы «Миров» столь значимыми? Дело в том, что во всех погружениях участвовали высокопрофессиональные специалисты. Система сбора данных работала в течение всего времени пребывания аппаратов под водой. Сведения, полученные в «полевых» условиях и подкрепленные измерениями гидрофизических и гидрохимических датчиков, российские ученые-океанологи обогащали результатами лабораторных анализов, добываясь достоверных научных данных. И сегодня можно смело утверждать: наблюдения из иллюминаторов ГОА сыграли основную роль в логической цепи открытий. «Миры» подтвердили свою высокую эффективность [7]. Убежден, что найти равноценную замену методике исследований глубин океана с помощью обитаемых аппаратов невозможно.

В 1983 г. великий французский исследователь Мирового океана Жак Ив Кусто на вопрос о преимуществах управляемых аппаратов и роботов перед обитаемыми аппаратами возразил: «Никогда ни один робот не заменит человека под водой, ибо наиболее точный оптический прибор — это человеческий глаз и наиболее совершенный компьютер — человеческий мозг». Эта позиция основана на колоссальном опыте и профессионализме, и я ее полностью разделяю. ■

Литература / Reference

1. Cortiss J.B., Dymond J., Gordon L. et al. Exploration of submarine thermal springs on the Galapagos rift. *Science*. 1979; 203(4385): 1073–1083.
2. Ballard R.D. Hydrothermal vent field of the East Pacific Rise at 21°N and Galapagos rift at 86°N. San Francisco, 1979.
3. Сагалевиц А.М. Глубина. М., 2002. [*Sagalevich A.M. Depth*. Moscow, 2002. (In Russ.).]
4. Биология гидротермальных систем. Отв. ред. А.В.Гебрук. М., 2002. [*Biology of hydrothermal systems*. Ed. A.V.Gebрук. Moscow, 2002. (In Russ.).]
5. Богданов Ю. А., Сагалевиц А.М. Геологические исследования с глубоководных обитаемых аппаратов «Мир». М., 2002. [*Bogdanov Y.A., Sagalevich A.M. Geological studies of deep-sea submersibles «Mir»*. Moscow, 2002. (In Russ.).]
6. Sagalevich A.M. 30 years experience of Mir submersibles for the ocean operations. *Deep-Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*. 2017: 1–13. Doi:10.1016/j.dsr2.2017.08.001.
7. Sagalevich A.M. «Mir» submersibles in science and technology. *Marine Technology Society Journal*. 1996; 30(1): 7–12.

The Importance of Visual Observations in Deep Ocean Research

A.M.Sagalevich
P.P.Shirshov Institute of Oceanology, RAS (Moscow, Russia)

A brief overview of the studies conducted with the help of deep submergence manned vehicles shows their important role in the discovery of hydrothermal fields of the World Ocean. On the example of the three dives of deep submergence vehicle «Mir» the benefits resulted of direct visual observations were shown: Russian scientists first described new geological phenomena and refined ideas about communities of hydrothermal biota.

Keywords: hydrothermal fields, deep submergence manned vehicle, methane seeps, chemosynthesis, bacterial mats, fluid.

Бериллий в ископаемых углях: геохимия, ресурсы, экология

доктор геолого-минералогических наук Л.Я.Кизильштейн
Южный федеральный университет (Ростов-на-Дону, Россия)
e-mail: kiz1933@rambler.ru

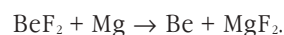
Задача предлагаемой работы — познакомить заинтересованных читателей с информацией о геологии, ресурсах и экологической роли бериллия, находящегося в составе ископаемых углей. Возрастающее стратегическое значение этого элемента в современной технике делает необходимым иметь сведения обо всех резервах его сырьевой базы и вполне оправдывает интерес, который заслуживает бериллий в составе органического вещества угольных месторождений.

Ключевые слова: бериллий, органическое вещество, ископаемые угли, зола угольных ТЭС.

Бериллий (Be) — химический элемент, заслуживающий особого внимания в связи с рядом уникальных физических, химических и технологических свойств. Академик А.Е.Ферсман еще в начале XX в. предсказал исключительное значение, которое приобретет этот элемент в решении многих важных научно-технических проблем. Малая плотность, жаростойкость, высокий модуль упругости делают Be прекрасным конструкционным материалом, используемым в качестве легирующей добавки в сплавах на основе меди, никеля, цинка, свинца, алюминия и других цветных металлов. При нанесении на поверхность стали он играет роль твердого противокоррозионного покрытия. Бериллий применяется в авиа- и ракетостроении для обшивки ракет и самолетов, поскольку обладает высокой прочностью, легкостью и стойкостью при больших температурах. В ядерной технике Be играет роль отражателя, замедлителя и генератора нейтронов, например, в близком мне по профессии нейтронном каротаже в геологии, применяемом для диагностирования углеводородов и воды. Дело в том, что при облучении бериллия альфа-частицами он становится источником нейтронов, которые легче всего поглощаются атомами водорода. Еще одно актуальное использование — бериллиевые окна. Be слабо поглощает рентгеновское излучение. В связи с этим его используют для вывода излучения от источника к детектору или объекту облучения. Приведенные примеры — далеко не полный перечень возможностей бериллия. Остается только догадываться, что значит этот элемент в военной технике. Достаточно отчетливо просматривается и его использование в технологиях будущего.

Приведу некоторые сведения, ориентирующие заинтересованного читателя. Be имеет 12 изотопов, из них единственный стабильный — ${}^9\text{Be}$. Радиоактивные изотопы (например, ${}^7\text{Be}$) исполь-

зуются в геологии, в том числе и морской. Название химического элемента происходит от названия минерала берилла — силиката бериллия и алюминия $\text{Be}_3\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{18}$. Его разновидности — драгоценные изумруд, аквамарин и гелиотроп. Техническое значение имеют и другие бериллосодержащие минералы: фенакит Be_2SiO_4 и бертрандит $\text{BeSi}_2\text{O}_7(\text{OH})_2$. Среднее содержание Be в земной коре $3.8 \cdot 10^{-4}\%$. Элементарный Be получают электролизом фторида бериллия или восстановлением последнего магнием по реакции



В процессе выветривания бериллий и его соединения из почв и горных пород переносятся с поверхностными и грунтовыми водами или поступают в атмосферу.

До последнего времени главным производителем Be были США. Мировое потребление этого металла в 2016 г. составило ~440 т. В 2017 г. планировалось использовать более 500 т. Прирост добычи определяется расширением сфер потребления бериллия в прикладных областях: при производстве компьютеров и на транспорте. Общие мировые запасы Be оцениваются более чем в 80 тыс. т. Стоимость этого металла зависит от его химической чистоты, но в среднем колеблется вокруг 500 долл. США за грамм. Изделия из бериллия значительно дороже золотых. Например, стоимость бериллиевой фольги достигает миллионов долларов за килограмм (даже драгоценные изумруд или аквамарин могут оказаться более дешевыми).

Недавно в СМИ появилось сообщение о начавшемся промышленном производстве Be в нашей стране. Известное месторождение в РФ — Ермаковское в Бурятии — было открыто в 1964 г. Генетический тип руд — высокотемпературный гидротермально-грейзеновый, метасоматический. Главные минералы — берилл, фенакит и бертрандит. Балансовый запас руд — 1.7 млн т. Наиболее богатые содержат 0.2–1.5% BeO. Ермаковское место-

рождение обрабатывалось до 1989 г. Возобновление добычи руды планируется в 2020 г. Промышленная технология извлечения Ве, разработанная учеными Томского университета, освободит нашу страну от необходимости его импортировать. Знаменито также и Малышевское месторождение изомурдов в Свердловской обл. Однако нынешнее состояние запасов Ве в РФ оценить трудно.

Задача предлагаемой заметки — познакомить заинтересованных читателей журнала с информацией о геологии, ресурсах и экологической роли бериллия, находящегося в составе ископаемых углей. Возрастающее стратегическое значение этого элемента в современной технике делает необходимым иметь сведения обо всех резервах его сырьевой базы. Можно напомнить, что когда-то угли неожиданно оказались главным сырьевым источником урана и германия. Несмотря на то что эти стратегически важные химические элементы сейчас извлекаются из других типов руд, данный прецедент вполне оправдывает интерес, который заслуживает Ве в составе органического вещества угольных месторождений.

Ве в углях еще в начале прошлого века обратил на себя внимание классика угольной геохимии В.М.Гольдшмидта, который оценил в них величину кларка (среднего содержания в земной коре). Современные сведения о геологии и геохимии бериллия в углях обобщены и дополнены российским ученым Я.Э.Юдовичем с соавторами. Они же, с учетом новых данных, рассчитали современные значения кларка в бурях (2.4 ± 0.3 г/т) и каменных (2.1 ± 0.2 г/т) углях [1, 2].

Обсуждая вопрос об углях как резервных сырьевых источниках химических элементов-примесей, принято оперировать величинами их концентраций в золе, образующихся после сжигания. Это, во-первых, естественный способ утилизации полезных свойств угля в качестве топлива, а во-вторых, при сжигании во многих случаях происходит первичное концентрирование полезных компонентов, в числе которых, по-видимому, находится и Ве. Необходимо обратить внимание на тот факт, что, вероятнее всего, он присутствует в золе в оксидной форме (ВеО). Все современные технологии извлечения этого элемента из других типов руд включают как промежуточный этап перевод Ве именно в оксидную форму. В последующей переработке он переводится во фторид, из которого и получают металлический Ве. В случае угольной золы перевод бериллия в оксидную форму происходит в процессе сжигания угля, что следует считать фактором энергосбережения.

В некоторых регионах мира обнаружены угольные месторождения с высоким содержанием Ве в золе: 1000–2400 г/т, а иногда и 6000 г/т [1, 3]. Указанные концентрации находятся на уровне требований к промышленным рудам или даже превышают их. Подобные угли выявлены в Венгрии, США, Чехии и в некоторых других странах. В РФ

высокие содержания бериллия в углях отмечены в месторождениях Дальнего Востока. Например, в Приморье, на месторождении Спецугли в среднем фиксируется 500–900 г Ве на тонну золы. Имеются сведения о высоких содержаниях Ве в некоторых угольных пластах Кузбасса [3]. В углях месторождения Спецугли отмечаются также высокие концентрации германия. Связь Ве с Ве проявляется здесь и в их распределении в стратиграфическом профиле и на всей площади распространения металлосодержащих угольных пластов [3, 4].

Основной носитель Ве (как и Ge) в углях — петрографический компонент витринит. Он сформировался из разложенных в болотной среде тканей растений торфо(угле)образователей. Витринит обладает способностью к концентрированию Ве (так же, как и других элементов-примесей, в том числе урана и германия) благодаря высокому содержанию (на торфяной стадии углеобразования!) гуминовых кислот. Считается, что именно с функциональными группами, которые входят в молекулярную структуру гуминовой кислоты, химически связывается Ве [5].

По химическим свойствам Ве сходен с алюминием [5]. Он, по-видимому, способен изоморфно замещать Al в кристаллической решетке глинистых минералов или адсорбироваться ими. Это подтверждает часто отмечаемая положительная корреляционная связь между содержанием Ве в углях и величиной их зольности (в тех случаях, когда зольность преимущественно формируется глинистыми минералами). Два возможных носителя Ве — органическое вещество (витринит) и минеральное (глина) — существенно усложняют общую картину его распределения в угольных пластах разных месторождений и определяют зависимость накопления данного элемента от палеогеографических условий торфяной стадии углеобразования, в частности от рельефа древнего ландшафта [6]. Концентрация Ве увеличивается на пониженных (низинных) участках древних торфяников. Содержание Ве в угольных пластах возрастает (в период торфо-накопления) также вблизи зон размыта горных пород, в составе которых находятся Ве-содержащие минералы [1, 3–5].

С увеличением степени метаморфизма углей концентрация в них бериллия снижается. Последнее характерно и для других элементов-примесей, присутствующих в составе органических компонентов углей [7]. Причиной служит перестройка молекулярной структуры органического вещества при метаморфизме, сопровождающаяся потерей функциональных групп, с которыми, как говорилось выше, химически связан Ве.

Насколько положительно оценивается значение Ве в технике и технологиях, настолько, безусловно, отрицательна его экологическая роль, особенно когда речь идет о Ве в атмосферном воздухе. Международным агентством по изучению рака бериллий и его соединения отнесены к группе воз-

можных канцерогенов. Под воздействием Be происходит ослабление иммунной системы человека. Этот элемент вступает в конкурентные, а иногда и антагонистические взаимоотношения с ионами биологически важных двухвалентных металлов. При ингаляционном поступлении (дыхании) основная масса Be накапливается в скелете, печени и легких человека. Время биологического выведения Be — годы. Среднесуточная предельно допустимая концентрация (ПДК) Be в атмосферном воздухе 10^{-5} мг/м³. Класс опасности — первый [8]. Научный комитет ООН установил более низкие значения ПДК для Be в воздухе — 10^{-6} мг/м³.

Бериллий, как и другие элементы-примеси, находясь в составе угля, сжигаемого на современных ТЭС, нагревается до 1000°C и даже выше. При этом большинство примесей переходят в газовую фазу дымовых выбросов ТЭС и оказываются в атмосфере. Некоторая часть элементов-примесей остается в твердых отходах сжигания — золе и шлаке. На основе балансовых расчетов, которые провели для одной ТЭС, сжигающей угли Донбасса, данная часть

Be составляет примерно 30%. Именно она и определяет упомянутое выше «содержание Be в золе».

Если исходить, как предлагают Юдович с коллегами [1], что минимально приемлемое для промышленного извлечения содержание Be — 300 г/т золы, а цена за 1 г металла — 500 долл. США, то даже при 10%-м извлечении стоимость Be в 1 т золы составит 30 долл. США. Это многократно превышает стоимость золы при использовании в промышленности стройматериалов или на других производствах. Современная проблема Be в углях — экологическая. Она должна решаться совместно с другими экологическими проблемами угольной энергетики. Be в угле, как самостоятельный компонент, требует оценки его ресурсной базы в золе ТЭС. Для этого, как в свое время для германия, необходима ревизия уже накопленного фондового аналитического материала с целью выявления отвалов золы угольных ТЭС с кондиционным содержанием Be. Имеющаяся на сегодняшний день информация позволяет дать ожидаемым результатам оптимистическую оценку. ■

Литература / References

1. Юдович Я.Э., Кемпис М.П., Мерц А.В. Элементы-примеси в ископаемых углях. Л., 1985. [Yudovich Ya. E., Ketris M.P., Merz A.V. Trace elements in fossil coals. Leningrad, 1985. (In Russ.)]
2. Юдович Я.Э., Кемпис М.П. Неорганическое вещество углей. Екатеринбург, 2002. [Yudovich Ya.E., Ketris M.P. Inorganic matter of coals. Ekaterinburg, 2002. (In Russ.)]
3. Середин В.В. Металлоносность углей: условия формирования и перспективы освоения. Угольная база России. Гл. ред. В.Ф.Череповский. М., 1997; 6. [Seredin V.V. Metal content of coal: formation conditions and development prospects. Coal base of Russia. Cherepovskii V.F. (ed.). Moscow, 1997; 6. (In Russ.)]
4. Кизильштейн Л.Я. Условия образования и германиеносность нижнеюрских угольных месторождений западной части Северного Кавказа. Известия высших учебных заведений, Северо-Кавказский регион. Естественные науки. 1998; 3(102): 90–95. [Kizilshtein L.Ya. Formation conditions and Germanium content in the Lower Jurassic coal deposits in the western part of the North Caucasus. University news North-Caucasian region. Natural sciences series. 1998; 3(102): 90–95. (In Russ.)]
5. Манская С.М., Дроздова Т.В. Геохимия органического вещества. М., 1964. [Manskaya S.M., Drozdova T.V. Geochemistry of organic matter. Moscow, 1964. (In Russ.)]
6. Кизильштейн Л.Я., Щириков В.Т., Черников Б.А. Среднекарбовое торфоугленакопление в Донецком бассейне. Палеогеографические и пластово-качественные карты основных угольных пластов. Ростов-на-Дону, 2003. [Kizilshtein L.Ya., Shchirov V.T., Chernikov B.A. Mid-Carbon peat-coal accumulation in the Donets basin. Paleogeographic and course-qualitative maps of the main coal courses. Rostov-on-Don, 2003. (In Russ.)]
7. Кизильштейн Л.Я. Экогеохимия элементов-примесей в углях. Ростов-на-Дону, 2002. [Kizilshtein L.Ya. Ecogeochemistry of trace elements in coals. Rostov-on-Don, 2002. (In Russ.)]
8. Вредные химические вещества. Неорганические соединения элементов 1–4 групп: Справ. изд. А.Л.Бандман и др. Л., 1988. [Harmful chemicals. Inorganic compounds of 1–4 groups of elements: Ref. book. Bandman A.L. et al., Leningrad, 1988. (In Russ.)]

Beryllium in Fossil Coals: Geochemistry, Resources, and Ecology

L.Ya.Kizilshtein
Southern Federal University (Rostov-on-Don, Russia)

The aim of this work is to acquaint the curious readers with information on geology, resources, and ecological role of beryllium from the fossil coals. The growing strategic importance of this element in modern technology makes it necessary to have information about all the reserves of its raw materials base and fully justifies the interest that beryllium deserves in the organic matter of coal deposits.

Keywords: Beryllium, fossil coal, organic matter, ash from coal-stem plants.

Обитатели Южного берега Крыма

*К 45-летию природного заповедника
«Мыс Мартьян»*



Фото И.С.Саркиной

член-корреспондент РАН
Ю.В.Плугатарь¹,
 доктор биологических наук
Н.А.Багрикова¹,
 кандидат биологических наук
С.Ю.Костин¹,
 кандидат биологических наук
Е.С.Крайнюк¹,
 кандидат биологических наук
И.С.Саркина¹

*Никитский ботанический сад —
 Национальный научный центр РАН
 (Ялта, Россия)
 e-mail: uchbenysekretar@nbg@mail.ru*



Природный заповедник «Мыс Мартыян» создан на землях Никитского ботанического сада в 1973 г. для сохранения реликтовых субсредиземноморских можжевеловых лесов на северной границе их ареала. Мониторинг уникальных природных комплексов на 120 га суши и 120 га акватории Черного моря проводится более 45 лет. Ландшафты, геоморфология, геология, почвы, климат и растительность изучены по программе «Летопись природы», составлены карты и подготовлены списки биоты. Для природного заповедника отмечен высокий уровень биологического разнообразия наземной и морской биоты, а также редких видов, охраняемых международными конвенциями, Красными книгами Российской Федерации и Республики Крым. Биологическое разнообразие заповедника включает: морские водоросли — 270, мохообразные — 63, грибы — 410, сосудистые растения — 555, беспозвоночные животные — 1045, позвоночные — 272 вида. На национальном и региональном уровнях охраняются 13 видов водорослей, мхов — 2, лишайников — 2, макромицетов — 11, сосудистых растений — 45 и 93 вида животных. На территории описаны четыре новых для науки видов пауков (Arachnida) и 25 — клещей (Acariformes), за последние годы найдены новые виды растений, грибов и животных.

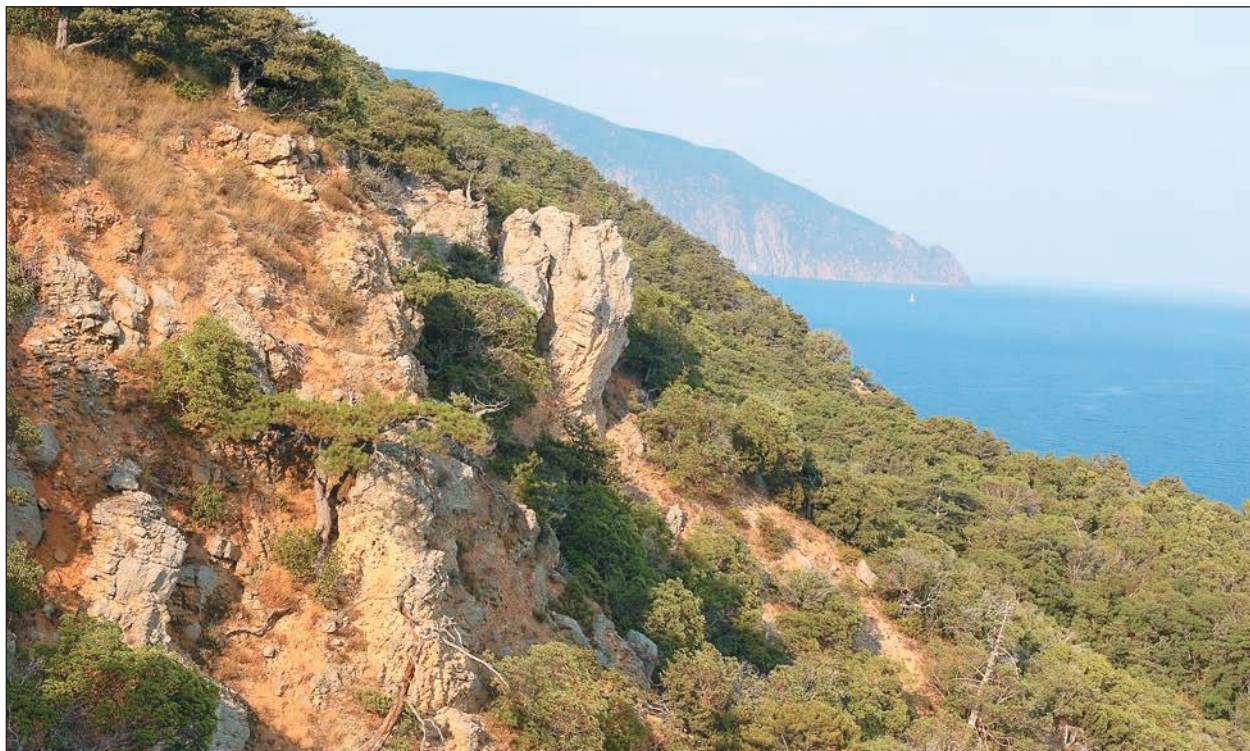
Ключевые слова: природный заповедник, субсредиземноморский ландшафт, биота, редкие и исчезающие виды, Южный берег Крыма.

На юге Крымского п-ова, в 6 км восточнее г. Ялты, находится один из самых маленьких природных заповедников — «Мыс Мартыян». Площадь его составляет всего 240 га (меньше только «Галичья гора», 230 га), из них 100 га покрыты лесом, 15 га — кустарником, 5 га — это береговая полоса и 120 га — прилегающая акватория Черного моря (шириной до 500 м). Южная граница проходит по морю, северная — вдоль трассы Ялта-Симферополь, восточная — вдоль границ санатория «Ай-Даниль», западная — вдоль границ Никитского ботанического сада. Эта особо охраняемая природная территория (ООПТ) — структурное подразделение Никитского ботанического сада — Национального научного центра РАН.

В России не так уж много заповедников, в которых охраняются территориальные и аквальные комплексы. В чем же состоит уникальность и уязвимость самого маленького заповедника?

Южный берег Крыма — территория протяженностью 100 км и шириной 3 км — не имеет аналогов по своим природно-климатическим особенностям. Несмотря на то что заповедник «Мыс Мартыян» представляет лишь 2.5% этой уникальной территории, он имеет большое значение для сохранения биоты и абиотической среды Южного берега Крыма, а также исторических и археологических ценностей. Здесь сохраняют-

© Плугатарь Ю.В., Багрикова Н.А., Костин С.Ю., Крайнюк Е.С., Саркина И.С., 2018



Реликтовые субсредиземноморские сообщества с участием можжевельника, земляничника и фисташки туполистной на приморских склонах.

Фото А.Л.Сергеенко



Причудливые скалы и приморские склоны.

Здесь и далее фото Н.А.Багриковой



Можжевельник высокий — доминант реликтовых субсредиземноморских лесов.

ся редкие реликтовые высокоможжевельниковые леса и сообщества земляничника мелкоплодного, находящиеся на северной границе своих средиземноморских ареалов, а также фитоценозы фисташки туполистной. Из-за особенностей климата, рельефа и ландшафта субсредиземноморского характера здесь до высоты 300–400 м над ур.м. проходит северная граница Средиземноморской флористической области, что делает южное побережье полуострова уникальным регионом Крыма и России. Поэтому территория от Алушты до Фороса, по результатам комплексных исследований, включена в I категорию «приоритетных территорий», имеющих определяющее значение для сохранения биологического разнообразия полуострова [1]. ООПТ «Мыс Мартьян» имеет большую природоохранную и научно-познавательную ценность как единственный на Южном берегу Крыма заповедник, где сохранились почти в полной неприкосновенности типичные для Крымского субсредиземноморья природные комплексы [2, 3].

Процесс организации заповедника был длительным и достаточно сложным. Его началом можно считать территориальное воссоединение земель прежде единого урочища Мартьян в пределах границ Никитского ботанического сада в период с 1922 по 1924 г., когда изучением и сохранением «заповедной можжевельниковой рощи» на Мартьяне занимались такие известные ботаники, как Е.В.Вульф, В.П.Малеев, С.С.Станков. В сентябре

1947 г., а затем повторно в феврале 1964 г. Крымским облисполкомом были приняты решения об объявлении «Рощи древовидного можжевельника на мысе Мартьян близ Никитского ботанического сада» памятником природы местного значения. В 1973 г. (45 лет назад) усилия многих поколений ботаников увенчались успехом — по Постановлению Совета министров УССР №84 от 20 февраля 1973 г. здешняя можжевельниковая роща была объявлена государственным заповедником «Мыс Мартьян» [3]. С этого времени на его территории и в акватории сотрудниками Никитского ботанического сада, а также других научных и учебных учреждений проводятся мониторинговые исследования и изучение компонентов биоты по программе «Летопись природы» общепринятыми для каждого из объектов исследований полевыми стационарными и маршрутными методами. Результаты исследований в заповеднике представлены в 44 томах «Летописи природы», в «Сборнике научных трудов ГНБС» (scbook.nbgncspro.com), «Бюллетене ГНБС» (boolt.nbgncspro.com), «Научных записках природного заповедника “Мыс Мартьян”» (scnote.nbgncspro.com) и в других изданиях. Наличие научной базы, постоянный мониторинг позволили достаточно полно выявить биоразнообразие заповедника.

Растительный покров отличается богатой флорой и разнообразными типами сообществ [4]. На большей части территории доминирует лесная растительность, представленная коренными высо-



Земляничник мелкоплодный из-за яркого цвета коры еще называют «коралловым деревом». Каждый год дерево «сбрасывает» старую кору. Созревающие осенью ягоды внешне напоминают землянику (на вставке фото Е.С.Крайнюк).

коможжевельовыми и пушистодубовыми лесами. Реликтовые субсредиземноморские леса из можжевельника высокого (*Juniperus excelsa*) занимают примерно треть суши на крутых приморских склонах. Сообщества отличаются разреженностью древостоя и подлеска, неоднородностью, мозаичностью. На полуострове они распространены на Южном берегу и в Горном Крыму на северной границе своего ареала.

Пушистодубовые леса порослевого происхождения, однородные по структуре, занимают примерно 2/3 суши на высоте 90–240 м над ур.м. на пологих участках. Их флористическое ядро составляют средиземноморские и неморальные виды. В приморской зоне, на крутых прибрежных склонах отмечаются средиземноморские реликтовые сообщества с доминированием земляничника мелкоплодного (*Arbutus andrachne*). В Крыму они встречаются только на Южном берегу, на северной границе своего ареала, и считаются крымским вариантом псевдомаквиса — характерных для Средиземноморья сообществ из вечнозеленых и листопадных растений, флористическое ядро в которых составляют ксерофиты. Крымскососновые леса занимают небольшие площади. Фрагментарно отмечаются сообщества скал, осыпей, гротов, трещин, глыбово-галечниковых пляжей и береговых обально-оползневых склонов.

Соседство Никитского ботанического сада, а также сельскохозяйственных и урбанизирован-

ных территорий способствовало внедрению чужеродных растений, на долю которых приходится более 11% [5], но типичные природные комплексы Южного берега в заповеднике достаточно хорошо сохранились.

К мохообразным относятся 63 вида, принадлежащие к 38 родам, 19 семействам. Таксономическое распределение типично для бриофлоры южно-палеарктического типа и отражает зональные особенности Южного Крыма. Охраняемый статус имеют два вида — скорпиуриум закрученный (*Scorpiurium circinatum*) и ортотрихум нежный (*Orthotrichum tenellum*) [6].

В заповеднике отмечено 555 видов высших растений из 94 семейств, из которых 45 видов — редкие [7, 8]. Федеральной [9] и региональной [10] Красными книгами охраняются 19 и 44 вида соответственно. Реликтовый характер растительного покрова обусловлен наличием в его составе 12 видов. Наибольшего внимания и охраны заслуживают основные ценозообразующие виды — можжевельник высокий, земляничник мелкоплодный, фисташка туполистная (*Pistacia nutica*), сосна крымская (*Pinus nigra* subsp. *pallasiana*), ладанник крымский (*Cistus tauricus*), красивоцветущие виды — подснежник складчатый (*Galanthus plicatus*), безвременник теневой (*Colchicum umbrosum*); в приморских экотопах — асфоделина желтая (*Asphodeline lutea*), критмум морской (*Critthum maritimum*), мачок желтый (*Glaucium flavum*), ка-



Клематис жгучий и володушка кустарниковая распространились в заповеднике из коллекций Никитского ботанического сада.



Ладанник крымский — типичный представитель южнобережных сообществ, анакамптис кавказский (или ятрышник раскрасренный) — один из 13 видов орхидных, встречающихся на территории заповедника.

Фото И.С.Саркиной и Н.А.Багриковой



персы травянистые (*Capparis herbacea*), а также 13 видов орхидных. На единицу площади охраняемой территории приходится 4.6 вида, тогда как для всей территории Крымского п-ова этот показатель равен 0.1.

Заповедная акватория играет большую роль в сохранении генофонда морской флоры и фауны. В аквальном комплексе, по последним данным, с учетом таксономической ревизии зарегистрировано 270 видов и внутривидовых таксонов водо-



Обвальнo-глыбовые пляжи и акватория природного заповедника «Мыс Мартьян».

Фото Н.А.Багриковой

рослей и донных растений, в том числе 144 вида и внутривидовых таксона макроскопических водорослей и морских трав, что составляет более 60% от общего числа видов водорослей-макрофи-

тов, отмеченных для флористического района Южный берег Крыма, а также 126 видов водорослей-микрофитов: 59 видов диатомовых водорослей (Bacillariophyta), 67 видов цианобактерий (Cyanobacteria). Только за последние годы обнаружено восемь новых для морской акватории заповедника таксонов фитобенотоса. Планктолингбия закрученная (*Planktolyngbya contorta*) впервые указана для морских берегов Крыма и Северного Причерноморья; два вида — спонгоморфа синезеленая (*Spongomorpha aeruginosa*) и титанодерма пупырчатая (*Titanoderma pustulatum*) — впервые указаны для гидрботанического района Южный берег Крыма [11–13].

В целом флора водорослей Черного моря представляет собой обедненный вариант флоры Средиземного моря, но в акватории заповедника «средиземноморских» видов больше: не менее 118 видов, т.е. 84.3% от видового состава макрофитов [11]. На федеральном [9] и региональном [10] уровнях охраняются 13 видов водорослей: бриопсис адриатический (*Bryopsis cupressina* var. *adriatica*), кладофора сивашская (*Cladophora siwaschensis*), кодиум червеобразный (*Codium vermilara*), цистоциры бородатая (*Cystoseira barbata*) и косматая (*C.crinita*), гельминтора растопыренная (*Hel-*



Решеточник красный — тропический представитель микобиоты.

Фото И.С.Саркиной

mintbora divaricata), лоренсия чашевидная (*Laurencia coronopus*), нерейя нитевидная (*Nereia filiformis*), осмундея гибридная (*Osmundea hybrida*) и перисто-надрезная (*O.pinnatifida*), филлофора курчавая (*Phyllophora crispa*), стилофора нежная (*Stilophora tenella*), ульва азовская (*Ulva maeotica*).

Лишайники представлены 259 видами, относящимися к 88 родам, 37 семействам, 12 порядкам и группе Fungi imperfecti. По приуроченности к субстрату это эпифитные и эпилитные, преимущественно кальцефильные, виды. К охраняемым на региональном уровне относятся два вида: меланохалеа элегантная (*Melanobalea elegantula*) и торнабея щитоподобная (*Tornabea scutellifera*) [6].

Один из компонентов гетеротрофного блока биоты — грибы. К настоящему времени в заповеднике выявлено 410 видов и разновидностей базидиальных и сумчатых макромицетов [14–16]. В ходе многолетнего мониторинга накоплены данные о динамике плодоношения и распределении видов по растительным сообществам, субстратам и экологическим группам, состоянию популяций редких и охраняемых видов. Таксономический спектр макромицетов заповедника разнообразен, преобладают виды родов *Russula* (31 вид), *Cortinarius* (26), *Boletus* (19), *Mycena* (15), *Tricholoma* (11) и *Lactarius* (10). В целом таксономическая структура макромицетов и распределение видов по экологотрофическим группам типичны для лесных сообществ. По числу выявленных видов на единицу площади «Мыс Мартьян» — наиболее полно изученная по сравнению с другими заповедниками горная часть Крыма.

На федеральном и региональном уровне охраняются 11 редких видов: боровик красивоокрашенный (*Suillellus pulchrotinctus*), боровик королевский (*Butyriboletus regius*), боровик розово-золотистый (*Suillellus rhodoxanthus*), клавариадельфус пестичный (*Clavariadelphus pistillaris*), решеточник красный (*Clathrus ruber*), трутовик лакированный (*Ganoderma lucidum*), звездовик приподнятый (*Geastrum fornicatum*), звездовик черноголовый (*G.melanocephalum*), рыжик красный (*Lactarius sanguifluus*), мириостома дырчатая (*Myriostoma coliforme*), трюфель летний (*Tuber aestivum*). Их редкость в значительной степени обусловлена пограничным географическим расположением Южнобережья и для видов умеренной зоны Северного полушария, и для южноевропейских видов, тяготеющих к Средиземноморью.



Сапсан — гнездящийся в заповеднике вид, охраняется на федеральном и региональном уровнях.

Фото О.А.Першина

В результате мониторинга фауны с 1973 г. выявлено более 1300 видов животных, из которых наиболее полно изучены позвоночные — 272 вида. В морской акватории зарегистрировано более 200 видов животных, принадлежащих к 13 типам, 32 классам, 65 порядкам, что составляет 10% всей фауны Черного моря.

Большую часть списка фауны заповедника составляют беспозвоночные животные. Из класса насекомых наиболее полно выявлена фауна отдельных семейств из отрядов чешуекрылых (Lepidoptera) — 279, жесткокрылых (Coleoptera) — 190,



Леопардовый полоз — яркий представитель герпетофауны и вид, находящийся под угрозой исчезновения в Крыму.

Фото О.В.Кукушкина



Обитатели морской акватории заповедника: ромис обыкновенный, или морская ласточка (а), черноморская скорпена-ёрш (б), обыкновенная султанка, или барабуля (в) и мраморный краб (г).

Фото Е.П.Карповой и А.Л.Сергеенко

прямокрылых (Orthoptera) — 19, перепончатокрылых (Hymenoptera) — 109 видов. Из 49 видов муравьев (Hymenoptera: Formicoidea) три описаны как новые для науки [6]. Пауки (Arachnida) представлены 140 видами, из которых четыре — новые [17]. На территории Мартыяна известен 271 вид клещей (Acariformes) из 174 родов, 82 семейств, из них 25 видов — новые для науки [18].

Из наземных позвоночных животных наибольшим числом таксонов представлены птицы — 159 видов, что составляет около 50% от авифауны Крыма [19]. При этом большое значение заповедника для мигрирующих и зимующих птиц стало основанием для включения его в число территорий, важных для сохранения биоразнообразия птиц (Important Bird Area — В11, IBA: 41) [20]. Млекопитающие представлены 29 видами [21]. Герпетофауна насчитывает 11 видов: амфибий — четыре и рептилий — семь (четыре вида ящериц и три — змей) [22]. Подобного богатства наземной фауны на столь ограниченной территории не отмечено нигде в пределах Восточной Европы.

Рыбы (Pisces) — вторая по богатству видов группа позвоночных в заповеднике (71 вид из 38 семейств). Наибольшим разнообразием отличаются семейство бычковых (Gobiidae) — восемь видов, причем лысун Бата (*Pomatoschistus bathi*) — новый вид в акватории заповедника и в Черном море. Представители семейств собачковых (Blenniidae) и губановых (Labridae), насчитывающие соответственно семь и шесть видов, наиболее многочисленны в прибрежной зоне заповедника. Среди морских собачек также найден в последнее время новый для Черного моря вид — зеленая собачка (*Parablennius incognitus*) [23].

Раритетная фауна представлена 207 видами, из них 35 видов беспозвоночных и 172 — хордовых. Ядро списка (93) редких составляют виды Красной книги Крыма (76 видов) и Российской Федерации (24 вида). Более 80 видов включено в Европейский красный список и более 250 — в приложения международных конвенций (CITES — 27, Bern — 130, Bonn — 115 видов) [21].

В Красную книгу Республики Крым [24] из наземных беспозвоночных включены такие средиземноморские виды, как эмпуза полосатая (*Empusa fasciata*), сверчок византийский (*Pseudomogoplistes byzantius*), эмбия реликтовая (*Haploembia solieri*), альпийский усач (*Rosalia alpina*), махаон (*Papilio machaon*), эндемики — крымский скорпион (*Euscorpis tauricus*), крымская жужелица (*Carabus scabrosus*) и др.

Раритетную часть фауны позвоночных составляют 40 видов. Млекопитающие — 14 видов Красной книги Республики Крым [24], из которых восемь — летучих мышей и по три — китообразных и землероек. Пять видов охраняются и на федеральном уровне [25]. Группу редких и охраняемых птиц составляют 136 видов. Однако подавляющее

большинство включено только в приложения международных конвенций (CITES — 19, Bern — 95 и Bonn — 84). В природоохранных списках, имеющих юридическую силу в России, птицы заповедника представлены следующим образом: 19 включены в Красную книгу Республики Крым, 11 — в Красную книгу РФ [21]. На федеральном уровне охране подлежат один вид хвостатых амфибий — тритон Карелина (*Triturus karelinii*), тогда как в региональной Красной книге земноводных три вида, пресмыкающихся — четыре. Из-за малой площади заповедника и его слабой обводненности такие виды, как тритон Карелина, квакша восточная (*Hyla orientalis*), геккон средиземноморский (*Mediodactylus kotschy*), вполне обычны на многих участках Южного берега Крыма, а на мысе Мартыян очень редки. Заповедник имеет определенное значение для сохранения таких наиболее редких и уязвимых видов пресмыкающихся, как желтопузик (*Pseudopus apodus*) и леопардовый полоз (*Zamenis situla*) [22].

Из морских беспозвоночных здесь охраняются устрица европейская (*Ostrea edulis*), черноморский гребешок (*Flexopecten glaber ponticus*) и морское блюдечко (*Patella ulyssiponensis*), а также два вида крабов — каменный (*Eriphia verrucosa*) и мраморный (*Pachygrapsus marmoratus*). В Красную книгу Республики Крым включены девять видов рыб, при этом белуга (*Huso huso*) и кумжа черноморская (*Salmo trutta labrax*) охраняются также на федеральном уровне [25].

С 2005 г. заповедник стал опорным пунктом в сети мониторинга и сохранения китообразных Азово-Черноморского бассейна, которые представлены черноморскими подвидами дельфинов (*Delphinidae*): афалиной (*Tursiops truncatus*); азовкой, или морской свиньей (*Phocoena phocoena*); белобочкой (*Delphinus delphis*). Все они включены в региональную Красную книгу и, за исключением белобочки, охраняются на федеральном уровне. В результате многолетних наблюдений получены данные о видовом, половом и размерном составе дельфинов в выбросах на прилегающее к заповеднику побережье Южного берега Крыма [3].

В заключение отметим, что природный заповедник «Мыс Мартыян» на Южном берегу Крыма, несмотря на маленькие размеры, имеет высокий уровень ландшафтного и биологического разнообразия. На его территории и в акватории описаны новые для науки виды, и постоянный мониторинг за состоянием природных экосистем позволяет дополнять списки флоры и фауны, а мероприятия по их охране способствуют сохранению уникального территориально-аквального комплекса Крымского п-ова. Заповедник играет важную роль в сохранении археологических ценностей, так как на его территории находятся объекты культурного наследия — укрепление «Рускофиль-Кале» XII–XV вв. и поселение II–III вв. ■

Литература/ References

1. Priority-setting in Conservation: A New Approach for Crimea. Washington, 1999: 257.
2. Маслов И.И., Крайнюк Е.С., Саркина И.С. и др. Основные направления и результаты научной и природоохранной деятельности отдела охраны природы НБС — ННЦ, природного заповедника «Мыс Мартьян» (1973–2010 гг.). Бюлл. Никит. ботан. сада. 2010; 100: 29–39. [Maslov I.I., Krainyuk E.S., Sarkina I.S. et al. The main directions and results of scientific and nature reservation department of Nikita Botanical Gardens — National Scientific Centre and “Cape Martyan” Nature Reserve (1973–2010). Bull. Nikit. Botan. Gard. 2010; 100: 29–39. (In Russ.)]
3. Плуغاتарь Ю.В., Маслов И.И., Крайнюк Е.С. и др. Природный заповедник «Мыс Мартьян». Ялта, 2015. [Plugatar Yu.V., Maslov I.I., Krainyuk Ye.S. et al. Nature Reserve “Cape Martyan”. Yalta, 2015. (In Russ.)]
4. Крайнюк Е.С. Современное состояние растительного покрова природного заповедника «Мыс Мартьян». Научные записки природного заповедника «Мыс Мартьян». 2013; 4: 38–46. [Krainyuk E.S. The modern state of the vegetation cover of the “Cape Martyan” Nature Reserve. Scientific Notes of the “Cape Martyan” Nature Reserve. 2013; 4: 38–46. (In Russ.)]
5. Багрикова Н.А., Резников О.Н. Адвентивные растения в природном заповеднике «Мыс Мартьян»: история и перспективы их дальнейшего изучения. Научные записки природного заповедника «Мыс Мартьян». 2014; 5: 78–87. [Bagrikova N.A., Reznikov O.N. Alien plants in the Nature Reserve “Cape Martyan”: history and prospects for its further studying. Scientific Notes of the “Cape Martyan” Nature Reserve. 2014; 5: 78–87. (In Russ.)]
6. Маслов И.И., Багрикова Н.А., Крайнюк Е.С. и др. Материалы к кадастровой документации ООПТ «Мыс Мартьян». Научные записки природного заповедника «Мыс Мартьян». 2016; 7: 6–26. [Maslov I.I., Bagrikova N.A., Krainyuk E.S. et al. Information for the cadastral documentation of natural area of preferential protection (NAPP) “Cape Martyan”. Scientific Notes of the “Cape Martyan” Nature Reserve. 2016; 7: 6–26. (In Russ.)]
7. Крайнюк Е.С. Аннотированный список флоры высших сосудистых растений природного заповедника «Мыс Мартьян». Научные записки природного заповедника «Мыс Мартьян». 2012; 3: 83–105. [Krainyuk E.S. The checklist of higher vascular plants of the “Cape Martyan” Nature Reserve. Scientific Notes of the “Cape Martyan” Nature Reserve. 2012; 3: 83–105. (In Russ.)]
8. Крайнюк Е.С. Соэологический статус флоры природного заповедника «Мыс Мартьян». Природа, наука, туризм в ООПТ: Матер. Междунар. юбил. научн. конф., посвящ. 20-летию РРНП (РРНП, Гудаута, Республ. Абхазия, 15–19 октября 2016 г.). Гудаута, 2016; 119–123. [Krainyuk E.S. Sozological status of the flora of the “Cape Martyan” Nature Reserve. Nature, science, tourism in protected areas: mater. Intern. yubil. scientific conf., dedicated to the 20th anniversary of the RRNP (RRNP, Gudauta, Republic of Abkhazia, October 15–19, 2016). Gudauta, 2016; 119–123. (In Russ.)]
9. Красная книга Российской Федерации (Растения и грибы). М., 2008; 855. [Red Data Book of the Russian Federation (Plants and fungi). Moscow, 2008; 855. (In Russ.)]
10. Красная книга Республики Крым. Растения, водоросли и грибы. Симферополь, 2015; 480. [Red Data book of the Republic of Crimea: Plants, algae and fungi. Simferopol, 2015; 480.]
11. Маслов И.И. Аннотированный список морского макрофитобентоса природного заповедника «Мыс Мартьян». Научные записки природного заповедника «Мыс Мартьян». 2011; 2: 62–71. [Maslov I.I. The checklist of sea macrophytobentose of “Cape Martyan” Nature Reserve. Scientific Notes of the “Cape Martyan” Nature Reserve. 2011; 2: 62–71. (In Russ.)]
12. Белич Т.В., Садогурский С.Е., Садогурская С.А. Роль заповедника «Мыс Мартьян» в развитии морских гидрботанических исследований у берегов Крыма. Научные записки природного заповедника «Мыс Мартьян». 2013; 4: 58–64. [Belich T.V., Sadogurskiy S.E., Sadogurskaya S.A. The role of the “Cape Martyan” reserve in the development of marine hydrobotanical research near Crimean coast. Scientific Notes of the “Cape Martyan” Nature Reserve. 2013; 4: 58–64. (In Russ.)]
13. Садогурский С.Е., Белич Т.В., Садогурская С.Е. О новых для заповедника «Мыс Мартьян» видах фитобентоса (Крым, Черное море). Nature Conservation Research. Заповедная наука. 2018; 3(1): 100–102. [Sadogurskiy S.E., Belich T.V., Sadogurskaya S.A. About new species of the phytobenthos for the “Cape Martyan” Nature Reserve (Crimea, Black Sea). Nature Conservation Research. 2018; 3(1): 100–102. Doi:10.24189/ncr.2018.013. (In Russ.)]
14. Саркина И.С. Конспект базидиальных и сумчатых макромицетов природного заповедника «Мыс Мартьян»: итоги 30-летних исследований. Научные записки природного заповедника «Мыс Мартьян». 2010; 1: 15–43. [Sarkina I.S. The summary of Basidiomycetes and Ascomycetes of the “Cape Martyan” Nature Reserve: results of 30 years investigations. Scientific Notes of the “Cape Martyan” Nature Reserve. 2010; 1: 15–43. (In Russ.)]
15. Саркина И.С. Новые виды микобиоты заповедника «Мыс Мартьян»: макромицеты. Труды Никит. ботан. сада. 2014; 139: 73–78. [Sarkina I.S. The new species of mycobiota of the “Cape Martyan” Nature Reserve: macromycetes. Works Nikit. Botan. Gard. 2014; 139: 73–78. (In Russ.)]

16. Ставищенко И.В., Саркина И.С. Результаты инвентаризации афиллофороидных и гетеробазидиальных макромицетов заповедника «Мыс Мартъян». Научные записки заповедника «Мыс Мартъян». 2017; 8: 20–25. [Stavishenko I.V., Sarkina I.S. The results of the inventory of the afillophoroid and heterobasidial macromycetes of the “Cape Martyan” Nature Reserve. Scientific Notes of the “Cape Martyan” Nature Reserve. 2017; 8: 20–25. (In Russ.)]
17. Ковблюк Н.М., Надольный А.А., Гнелица В.А. и др. Пауки (Arachnida, Aranei) заповедника «Мыс Мартъян» (Крым, Украина). Кавказский энтомолог. бюллетень. 2008; 4(1): 3–40. [Kovblyuk N.M., Nadolny A.A., Gnelitsa V.A. et al. Spiders (Arachnida, Aranei) of the “Cape Martyan” Reserve (Crimea, Ukraine). Caucasian Entomological Bull. 2008; 4(1): 3–40. (In Russ.)]
18. Сергеенко А.Л. Аннотированный список новых видов клещей для фауны заповедника «Мыс Мартъян». Научные записки заповедника «Мыс Мартъян». 2016; 7: 234–236. [Sergeyenko A.L. Annotated list of new for preserve “Cape Martyan” mite species. Scientific Notes of the “Cape Martyan” Nature Reserve. 2016; 7: 234–236. (In Russ.)]
19. Костин С.Ю. История изучения и краткий фенологический анализ орнитофауны заповедников Крыма. Научные записки природного заповедника «Мыс Мартъян». 2011; 2: 163–176. [Kostin S.Yu. History of studying and the brief phenological analysis of avifauna of Nature Reserves of the Crimea. Scientific Notes of the “Cape Martyan” Nature Reserve. 2011; 2: 163–176. (In Russ.)]
20. Костин С.Ю. Ключевые орнитологические территории Крыма: актуальные проблемы. Актуальные проблемы охраны птиц. Всеросс. научно-практич. конф., посвященная 25-летию Союза охраны птиц России. М., 2018; 104–107. [Kostin S.Yu. Important Bird Area of the Crimea: actual problems. Actual problems of bird protection. All-Russ. scientific and practical conf., dedicated to the 25th anniversary of the Russian Bird Conservation Union. Moscow, 2018; 104–107. (In Russ.)]
21. Костин С.Ю., Сергеенко А.Л. Раритетная фауна заповедника «Мыс Мартъян». Научные записки природного заповедника «Мыс Мартъян». 2017; 8: 121–149. [Kostin S.Yu., Sergeyenko A.L. Rare fauna of the Nature Reserve “Cape Martyan”. Scientific Notes of the “Cape Martyan” Nature Reserve. 2017; 8: 121–149. (In Russ.)]
22. Котенко Т.И., Кужушкин О.В. Аннотированные списки земноводных и пресмыкающихся заповедников Крыма. Научные записки природного заповедника «Мыс Мартъян». 2010; 1: 225–261. [Kotenko T.I., Kukushkin O.V. Annotated lists of amphibians and reptiles of the Crimea Nature Reserves. Scientific Notes of the “Cape Martyan” Nature Reserve. 2010; 1: 225–261. (In Russ.)]
23. Болтачев А.Р., Карпова Е.П., Данилюк О.Н. Список видов рыб природного заповедника «Мыс Мартъян». Научные записки природного заповедника «Мыс Мартъян». 2014; 5: 113–121. [Boltachev A.R., Karpova E.P., Danilyuk O.N. List of fish species in Nature Reserve “Cape Martyan”. Scientific Notes of the “Cape Martyan” Nature Reserve. 2014; 5: 113–121. (In Russ.)]
24. Красная книга Республики Крым. Животные. Симферополь, 2015; 440. [Red Data book of the Republic of Crimea: Animals. Simferopol, 2015; 440. (In Russ.)]
25. Красная книга Российской Федерации (животные). М., 2001; 862. [Red Data Book of the Russian Federation (Animals). Moscow, 2001; 862. (In Russ.)]

Inhabitants of the Southern Coast of Crimea To the 45th Anniversary of Cape Martyan Reserve

Yu.V.Plugatar¹, N.A.Bagrikova¹, S.Yu.Kostin¹, E.S.Krainyuk¹, I.S.Sarkina¹
¹Nikita Botanical Gardens — National Scientific Centre, RAS (Yalta, Russia)

Cape Martyan Nature Reserve was established to preserve relict sub-Mediterranean juniper forests of the Northern boundary of their range on the Nikita Botanical Garden’s lands in 1973. The monitoring of the unique native complexes within the 120 hectares of land and 120 hectares of the Black Sea areas has been performed over 45 years. The landscapes, geomorphology, geology, soil, climate, and vegetation have been described and studied by the program Chronicle of Nature. The maps and the annotated lists of biota have been made. The Nature Reserve posits a high level of a biological diversity of ground and sea biota, as well as the number of rare species, protected by Russian Federation and Republic of Crimea Red Lists and International Conventions. Its biological diversity includes 270 species of sea algae, 63 species of moss, 410 fungus species, 555 vascular plants, 1045 invertebrates, and 272 species of vertebrata animals. A protected status on regional and national levels is applied on 13 algae, 2 moss, 2 lichen, 11 macromycete, 45 vascular plant, and 93 animal species. Four new species of spiders (Arachnida) and 25 of mite (Acariformes) species were described on its territory; new species of plants and animals have been found in recent years.

Keywords: Nature Reserve, sub-Mediterranean landscape, biota, rare and endangered species, the Southern Coast of the Crimea.

А.П.Павлов о национальных парках: воспоминания и размышления

И.А.Стародубцева¹, И.Л.Сорока¹

¹Государственный геологический музей имени В.И.Вернадского РАН (Москва, Россия)

e-mail: iraidastar@mail.ru

В статье приведены воспоминания А.П.Павлова (1854–1929) — профессора Императорского Московского университета и основателя первой в стране геологической школы — о Йеллоустонском национальном парке (США), который он посетил в 1891 г. Его записи, использованные им в лекциях и беседах со студентами, хранятся в Архиве РАН (фонд 48). Ранее они не публиковались. В 1922 г. Павлов, приведя в пример Йеллоустон, выступил с идеей создания национального парка на Карадаге (Крым). В фондах Государственного геологического музея имени В.И.Вернадского РАН хранятся образцы гейзеритов, травертинов и самородной серы из Йеллоустона, привезенные им для университетского музея.

Ключевые слова: Йеллоустон, национальный парк, гейзеры, каньоны, лекции, Карадаг.

В настоящее время большое внимание уделяется созданию особо охраняемых природных территорий, в том числе государственных природных заповедников и национальных парков, отличающихся неповторимым ландшафтом, эндемичной фауной и флорой, природными и историческими памятниками. В задачу национальных парков, помимо научных исследований и природоохранных мероприятий, входит также научно-просветительская деятельность. Первый такой парк в России — «Лосиный остров» — был создан в 1983 г.

Автор термина « национальный парк » — американский художник Дж.Кэглин, который в 1832 г., потрясенный красотой долины Миссисипи, записал в дневнике, что сохранить этот образец природы поможет национальный парк, вобравший в себя обитающих здесь людей и животных во всем своеобразии и нетронутости их природной красоты [1, с.14]. Но судьба распорядилась по-своему, и первый в мире национальный парк был организован в 1872 г. в верховьях р.Йеллоустон (США). Площадь парка составляет 899 139 га, из них 96% расположено в штате Вайоминг; 3% — в штате Монтана; 1% — в Айдахо.

В конце XIX в. этот парк с многочисленными гейзерами, водопадами и каньонами был популярен у жителей Северной Америки, но для европейцев оставался практически неизвестным. Одними из первых россиян здесь побывали геоботаник и флорист А.Н.Краснов, геолог А.П.Павлов и его жена, палеонтолог М.В.Павлова.

Краснов посетил Йеллоустонский национальный парк в 1890 г. во время изучения североамериканских прерий, на следующий год здесь побывали супруги Павловы. Они участвовали в работе 5-й сессии Международного геологического конгресса, проходившей в Вашингтоне. По окончании сессии были организованы геологические экскурсии, в том числе и в Йеллоустон, где Павловы в течение шести дней познакомились с достопримечательностями парка.

Краснов и Павлов оставили воспоминания о Йеллоустонском национальном парке. Статья Краснова была опубликована в 1916 г. [2], заметки Павлова остались в рукописи и хранятся в его личном фонде в Архиве РАН. Впечатления этих ученых от посещения парка, литературные зарисовки гейзеров и горячих источников, каньонов и водопадов живы и образны и более чем через 100 лет читаются с большим интересом. Краснов в своих воспоминаниях уделил внимание в том числе рекламной деятельности, проводимой администрацией парка, и организации экскурсий, а Павлов включил сведения по истории создания Йеллоустона и восстановил историю геологического развития этой территории [3].

Свои записи Павлов составил для того, чтобы поделиться со студентами впечатлениями от пребывания в США и главным образом рассказать о природе этой страны. В.А.Варсанюфьева, избравшая под влиянием его лекций своей специальностью геологию, вспоминала: *Богатым источником, из которого А.П. черпал яркие образы для своих лекций, были впечатления и воспоминания его многочисленных путешествий. Атлантическое побережье Франции с причудливыми скалами и пробитыми волнами воротами, холодные белые меловые обрывы Альбиона, потухшие «молчаливые вулканы» Оверни и дымящийся кратер Везувия*

с клокочущей лавой... горячие фонтаны гейзеров Йеллоустонского парка и желтые налеты серы в кратерах Сольфатары, обрывы волжских берегов, хранящие замечательные страницы летописи Земли, знойные пустыни Туркестана у подножия увенчанных снегами гор — все эти яркие картины вставляли перед нами на экране в художественных диапозитивах и оживали в образных словах А.П. [4, с.272]. Эти диапозитивы предназначались для «волшебного фонаря» — специального прибора, использовавшегося вплоть до середины XX в. для проекции изображений. Такие иллюстрации к лекциям Павлова, посвященные вулканизму, землетрясениям, выветриванию и оледенению, до сих пор хранятся в Государственном геологическом музее имени В.И.Вернадского РАН (ГГМ РАН). При рассказе о первом в мире национальном парке и находящихся там интересных геологических объектах Павлов также использовал диапозитивы, изображения на них дополняют те сведения, которые он сообщал слушателям. Записки Павлова о Йеллоустонском парке никогда не были опубликованы, мы воспроизведем его описания самых ярких достопримечательностей, сопроводив их как изображениями, сохранившимися на его диапозитивах, так и современными фотографиями.

Алексей Петрович Павлов начинает свой рассказ о Йеллоустоне* с истории открытия этого удивительного уголка планеты, первые сведения о котором появились благодаря рассказам охотников, случайно там побывавших. Павлов писал, что индейцы страшились этого места, считая его проклятым местом, жилищем злого духа. Первые рассказы встречали насмешкой. Еще в 60-х годах топографу Рейнольдсу в Скалистых горах рассказывали вещи, казавшиеся невероятными. Что у истоков Йеллоустона существуют горячие ключи и фонтаны, дымящиеся озера, окаменелый лес с целыми животными и птицами, окаменевшими в том виде, в каком они жили, с деревьями, на которых вместо плодов висят драгоценные камни и т.п. [2, л.11]. Эти рассказы возбудили такой интерес, что была снаряжена целая экспедиция и вслед за ней другая под началом Ф.Гайдена, давшего первое научное описание страны. По мере знакомства со страной Гайден все более и более восхищался ее научными богатствами и скорбел за ее будущее, предвидя, что как только они сделаются известны, толпы туристов и предпринимателей хлынут сюда, расхитят и испортят ее природные богатства и диковины. Чтобы противодействовать этому, Гайден предложил взять страну под специальную охрану, объявив ее национальной собственностью, и в 1872 г. был издан закон, что эта страна должна быть сохранена в естественном виде под названием Национального парка, для пользы и удовольствия всей нации [3, л.12].

* Павлов называл Йеллоустон «Евлюстон».



Алексей Петрович Павлов. 1890 г.

Павлов, как геолог, при описании дороги, ведущей к парку, обратил внимание на выходы горных пород: Железная дорога врезается в передовую цепь Скалистых гор, следуя долиной Йеллоустона. На естественных разрезах можно видеть, как первоначально горизонтальные древнейшие озерные слои изгибаются кверху, взбегают к вершинам гор, и из-под них показываются другие, более древние, слои, вместе с ними приподнятые и изогнутые какими-то колоссальными силами. Мы останавливаемся в небольшом городке Ливингстон, чтобы пересечь с главной железной дороги на боковую. Прорезав передовую цепь, мы вступаем в область Скалистых гор, неприступной горной цепью окружающих область верховьев Йеллоустона и его притоков, и проникнуть в эту область можно только по одной из долин вырывающейся из нее реки [3, л.14]. Далее путь лежал долиной речки Гардинер, загроможденной обломками скал, валунами и моренными грядами, которые нагромождены некогда бывшим здесь ледником. Незаметно мы вступаем в пределы национального парка и добираемся до первой в нем гостиницы с телеграфом, электрическим светом и пр. Эта гостиница расположена у первого из чудес нац[ионального] парка, Мамонтовых горячих ключей [3, л.14–15].

Алексей Петрович красочно описал эти горячие источники: Мамонтовые ключи находятся близ того места, где приподнятые слои осадоч[ных] напластований, образующих цепь Галлатина, и отроги Скалистого хребта приходят

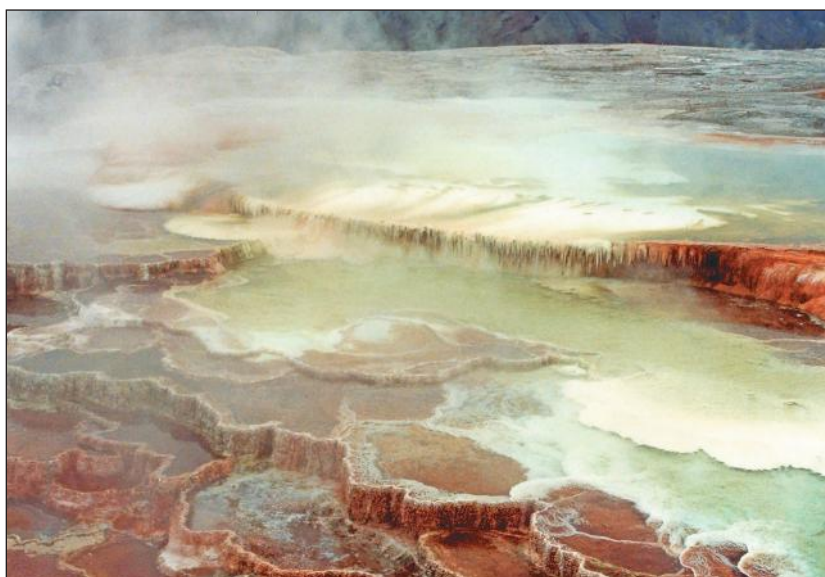


Мамонтовые ключи, Йеллоустонский национальный парк. Диапозитив, конец XIX в.

в соприкосновение с огромными массами пород вулканического происхождения, из которых сложена центральная, более приподнятая, часть парка, которая называется плато парка. Горячие ключи пробиваются через эти разнообразные по-

роды, растворяют известь и др[угие] вещества и выходят на поверхность охлажденными и покрывают склоны гор разнообразными натеками, образующими причудливые каменные каскады, ступени, балкончики, поддерживаемые сталактитами и несущими на своей

поверхности водоемы с горячей водой, имеющей самую разнообразную t — [температу]ру. На дне некоторых бассейнов заметны трещины и каналы, сообщающие их с подземными областями, из которых вода заимствует свою t . Над этими трещинами вода кипит и волнуется. Размеры и форма их чрезвычайно разнообразны. Красота их превосходит всякое описание... Блестящая оправка бассейнов имеет причудливо складчатую форму и местами принимает голубоватый или пурпурно-красный оттенок. Вода, их наполняющая, то кристально прозрачна и бесцветна, то, сохраняя полную прозрачность, имеет изумрудно-зеленый, аквамаринный, небесно-голубой или лазурно-синий цвет. Перед-



Мамонтовы ключи, Йеллоустонский национальный парк. 2002 г.

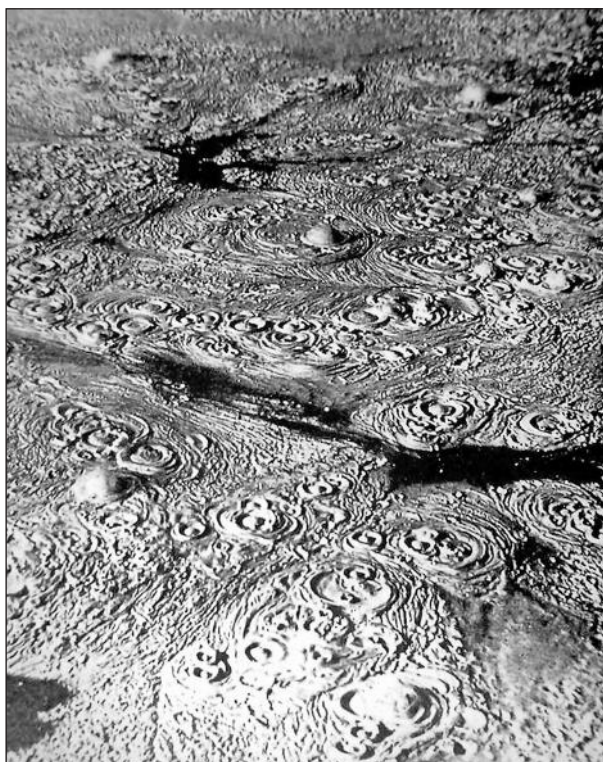
Фото И.Л.Сороки

ко цвета эти постепенно переходят один в другой, что придает всей картине, обрамленной темно-зелеными кущами соснового леса, какой-то волшебный вид [3, л.15–16].

Павлов объяснил, что разнообразие цвета воды и самих бассейнов отчасти представляет чисто оптическое явление и стоит в связи с глубинными бассейнами и с растворенными в них солями, а отчасти, как это ни странно, оно обусловлено органической жизнью. Исследования обнаружили присутствие в этой горячей воде живых организмов, приспособившихся к этим условиям. Это водоросли из гр. *Palmellae* и *Oscillariae* и некоторые другие, выносящие t в 80–82 град. С [3, л.17].

Следующий интересный уголок парка, о котором поведал Алексей Петрович, — бассейн гейзеров Норриса. В то время туда можно было добраться по узкому ущелью, промытому речкой в толще застывшей лавы, свидетельницы грандиозных извержений, здесь некогда бывших, в экипаже, напряженном цугом. Подъем длился около часа. Бассейн Норриса — это окруженная лесом неправильная впадина, покрытая кремневой накипью, с многочисленными отдушниками, испускающими пар, горячими ключами, лужами горячей воды и настоящими небольшими гейзерами самой разнообразной формы в самой разнообразной оправе. Минутный выбрасывает 25–30 футов пара в час, один из крупнейших гейзеров. Среди зелени соснового леса и более яркой зелени газона, образующих его опушку, разбросан каскад небольших горячих ключей разнообразных цветов. Этот угол получил название Палитры. Один из гейзеров, здесь находящихся, чрезвычайно интересен. Представляет собой огромный водоем, наполненный доверху совершенно белой глиной и густой, как сметана, горячей массой, которая кипит, пыхтит, вздувается пузырями. Этот тип гряз[евого] вулк[ана] образовался за счет разложившейся действием горячей воды и превратившейся в белую глину вулк[анической] породы, из которой состоит вся окрестная местность [3, л.18–19].

Далее Павлов знакомит с еще одной интересной областью: это небольшое плато или платформа из кремнистой накипи, покрытое бегущими горячими ручьями, которые, достигая края плато, низвергаются дымящимися водопадами в речку *Firehole river* (Огненная щель). На плато расположены три озера, наполненные до краев горячей водой, из них самое большое называется Призматическим, благодаря чудесной радужной игре цветов, которая видна в воде при малейшем ее волнении. Другое озеро называется Бирюзовое, третье — Индиговое. Целая сеть горячих ручьев выбиваются из этих озер и отлагают на поверхности плато красные, пурпуровые и бурые полосы, зависящие отчасти от присутствия осаждающихся из воды железистых солей и от живущих в ручьях водорослей. Тут же, в нескольких шагах от этих изящных озер, величайший по обширнос-



Грязевой вулкан, Йеллоустонский национальный парк. Диапозитив, конец XIX в.

ти и по массе выбрасываемой горячей воды резервуар — гейзер *Эксельзиор**. Его бассейн тоже образует целое озеро с отвесными берегами и уровнем воды, в спокойном состоянии гейзера лежащем на 20 футов ниже поверхности плато и уровня соседнего озера [3, л.20–21].

Но едва ли не самая замечательная местность по обилию и разнообразию гейзеров — это верхний бассейн, на площади которого сосредоточены 440 горячих источников и 49 бьющих гейзеров. Общее число гейзеров и ключей в парке 3500, а если прибавить еще отдушники, испускающие пар, воды, газы, серные пары, то это число придется удвоить, — констатировал Павлов [3, л.22]. Отметим, что здесь расположен один из самых известных гейзеров парка — «Старый служака» («Old Faithful»), изображение которого также есть на диапозитиве.

В настоящее время в парке более 30 000 термальных источников: гейзеров, фумарол, паровых струй, грязевых вулканов, горячих озер. Гейзеры можно наблюдать в Новой Зеландии и в Чили, в Исландии и на Камчатке, но в Йеллоустоне — самая большая коллекция в мире [1, с.19].

Затем Алексей Петрович остановился на описании каньона р.Йеллоустон. В южной части парка расположено озеро, из которого выбегает р.Йеллоустон. По выходе из озера Йеллоустон образует

* Этот гейзер в настоящее время не фонтанирует.



Разноцветные ручьи Йеллоустона. 2002 г.

широкую красивую долину с каскадом гейзеров на берегу. На несколько верст стесненный с одной стороны отрогами хребта Абсарока, с другой г.Вошборн до 1/2 первоначальной ширины, образует быстрины и пороги и... низвергается с отвесной стены 112 ф[утов] (34 м), образуя 1-й, верхний водопад. Ниже этого водопада вода собирается вновь и в нескольких ста саженей вновь низвергается с отвесной стены в 300 ф[утов] (91 м), образуя 2-й, нижний водопад, ниже которого река течет в глубоком, с почти отвесными стенами, ущелье 1000 ф[утов] высотой. Это так называемый большой каньон. В фантастических формах поднимаются со дна каньона кулисообразные выступы и скалы, напоминающие то развалины замков с башнями, то шпили и обелиски, смело поднимающиеся вверх с головокружительной глубиной, как бы

Фото И.Л.Сороки



Гейзер «Старый служака» («Old Faithful»), Йеллоустонский национальный парк. Диапозитив, конец XIX в.



Гейзер «Старый служака» («Old Faithful»), Йеллоустонский национальный парк. 2002 г.

Фото И.Л.Сороки

стремясь достигнуть краев каньона, и все это представляет изумительный блеск и гармонию красок с преобладанием желтого, оранжевого и пурпурного цвета [3, л.23–24].

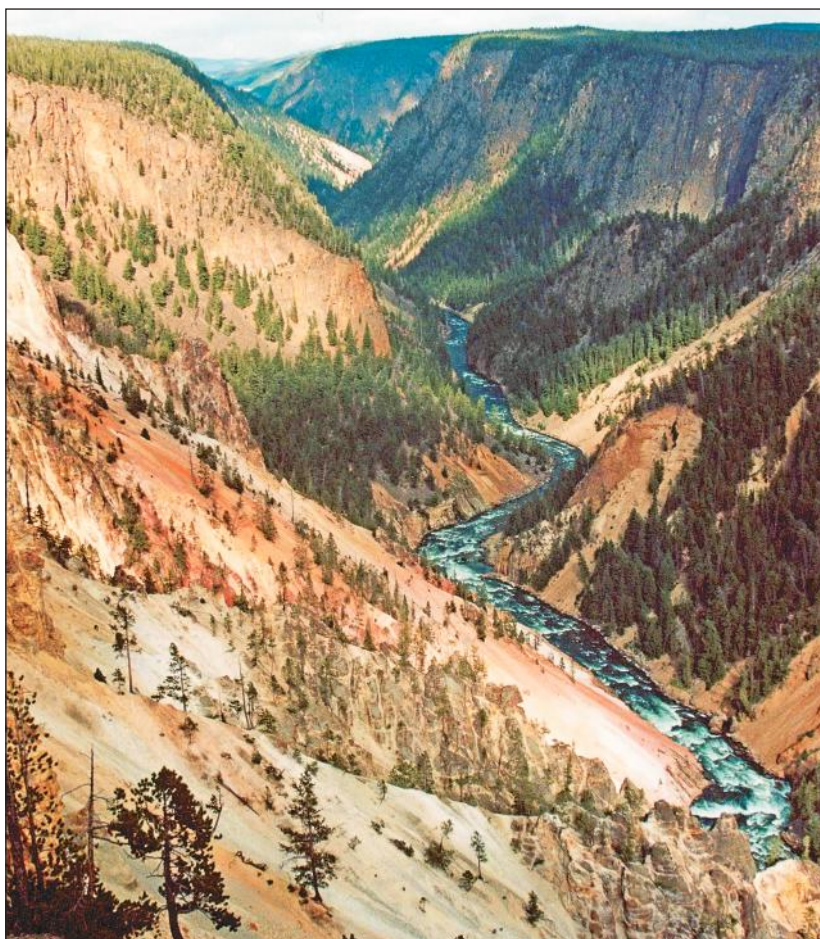
Павлов разъяснил, что каньон прорезан вековой работой Йеллоустона в массиве изверженной породы, некогда представлявшей массу лавы, и разнообразные цвета зависят от разных степеней выветривания и разрушения этой лавы действием горячих источников, которые и теперь то там, то сям выбиваются со дна каньона, обнаруживая свое присутствие облачками белого пара. Общая высота местности, окружающей каньон, 8000 ф[утов] (2500 м), горные цепи, стоящие поодаль, поднимаются на 12 000 ф[утов] (4000 м). Окружающая местность покрыта лесом. Почва покрыта обломками камня, кое-где попадаются валуны из камня, поблизости не встречающегося, и очевидно принесенные ледником из далеких окраинных гор. Один из таких валунов особо интересен своими размерами [3, с.24].

Павлов уделил внимание и обнажениям горных пород, развитым в северо-восточной части парка. Невдалеке от каньона в верхней части глубокой долины одного из притоков Йеллоустона East Fork [Восточный рукав] есть крутые обрывы гор, кот[орые] довольно интересны. Внизу кое-где показываются граниты, на них древние известняки [каменноугольного периода]. Это внизу, а остальная масса обрыва обнаруживает слои третичных песчаников и мергелей и вулканического туфа, неск[олько] из таких разрезов имеют 2000 ф[утов] высоты. В этих слоях на различной высоте встречается множество окаменелого дерева, обломки окаменелых стволов и ветвей во множестве валяются по поверхности обрывов и у подножия, местами по склонам горы торчат каменные стволы, но, что всего замечательнее и ни-



Большой каньон реки Йеллоустон. 1891 г.

Фото А.П.Павлова

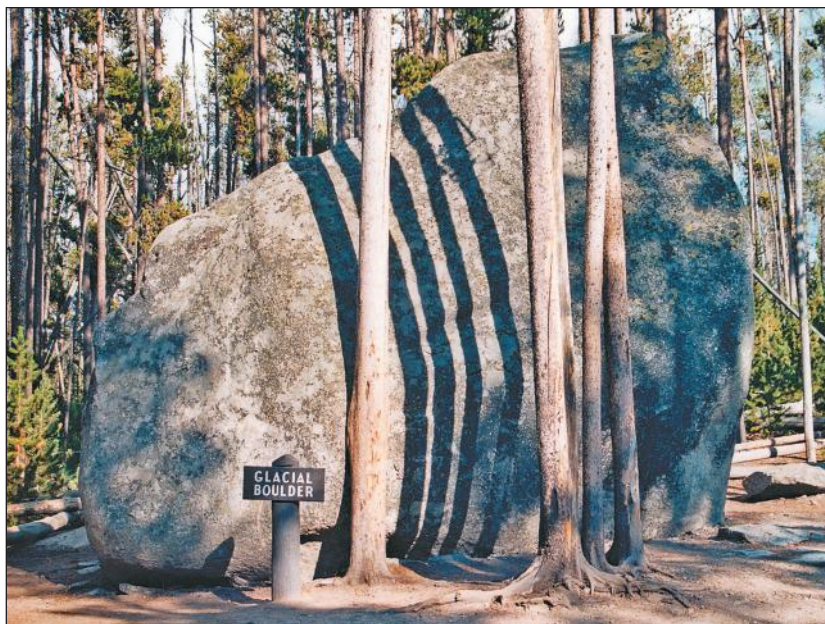


Большой каньон реки Йеллоустон. 2002 г.

Фото И.Л.Сороки



Ледниковый валун, Йеллоустонский национальный парк. Диапозитив, конец XIX в.



Ледниковый валун, Йеллоустонский национальный парк. 2002 г.

Фото И.Л.Сороки

где в других местах не наблюдаемо, это существование в одном и том же обрыве одного над другим, многих этажей окаменелого леса. Нередко видны вертикально стоящие деревья в 40–50 ф[утов] высотой и в 5–6 ф[утов] в диаметре. Нередко внутри ствола находят друзы аметиста, разноцветные кварцы, массы агата и опала. Эти же камни выступают и по обрыву

и, вероятно, послужили источником баснословных рассказов об окаменелых деревьях, на которых растут драгоценные камни. В промежуточных слоях видны листья и ветви дуба, липы, лавра, магнолии, аралий и хвойных [3, л.25–26].

В рассказе о Йеллоустонском парке, подготовленном для студентов-геологов, Павлов не мог обойтись без воссоздания его геологической истории, сделав акцент на геологических процессах, протекавших там в кайнозойе. Он писал, что первые потоки лавы в Йеллоустоне излились в палеогеновом периоде. Затем в течение неогена здесь время от времени происходили вулканические извержения, вулканы изливали огромные массы лавы в области плато парка, засыпали пеплом леса, растущие в северной его части, и превращали страну, покрытую богатой растительностью, в мертвую пустыню; но пустыня эта снова и снова одевалась растительностью, которая вновь погибала. Наконец огромные массы риолитовой лавы излились в центральную и горную область, превратили ее на некоторое время в целое пылающее озеро шириною верст в 60, залившее подножия высоких гор и по застывании образовавшее каменный покров в 2000 ф[утов] толщины, который теперь прорезан каньоном Йеллоустона. За этим последовали еще небольшие излияния базальтовой лавы по окраинам близ гор. Мы не можем себе представить всей грандиозности этой картины — нам видны выходы лишь небольшого участка лавы. Все это происходило в конце третичного периода, предшествовавшего современному. В начале новейшего, ныне продолжающегося геологического периода* северные страны Старого и Нового Света начали одеваться сплошным покровом льда и снега. Вот в эту-то эпоху и скопился снег в горах, и горные ледники возросли до необычайных размеров, покрыли сплошь плато парка, лишь недавно бывшее ареной колоссаль-

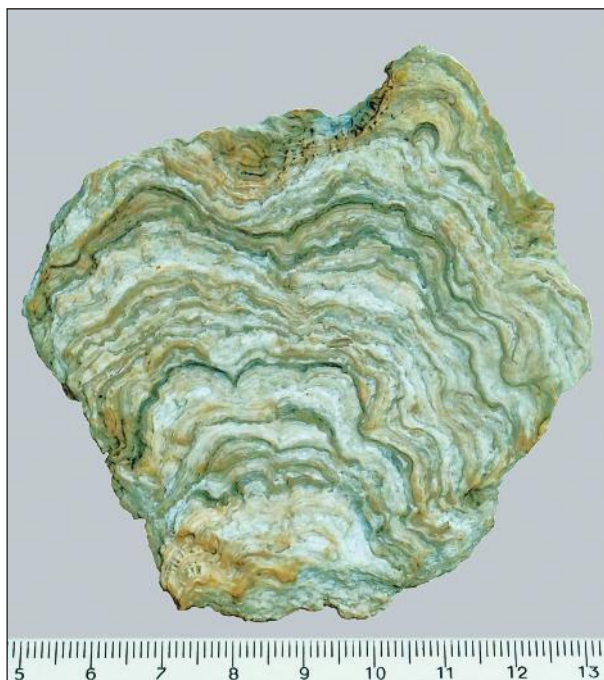
* То есть четвертичного периода.

ных излияний лавы, быть может, не застывшей во всей массе [3, л.30–32].

Трудно представить себе, — писал Алексей Петрович, — те грандиозные картины борьбы огромных запасов тепловой энергии, заключенной в этих колоссальных массах еще горячей лавы, с холодом надвигающихся масс льда ледниковой эпохи. Можно думать, что победа осталась на стороне холода. Дыхание севера сковало подземные силы. Долгие века плато парка и цепи окружающих его гор были скрыты под мощной массой льда, покоившегося в этих высоких областях и спускавшегося по долинам и переносившего оторванные от горных вершин глыбы к середине плато и дальше вниз по долинам. Тогда-то и был принесен на свое теперешнее место огромный валун, встреченный нами у каньона. Теперь мы подошли к самому недавнему геологическому времени. Ледяной покров исчез. Органическая, отчасти погибшая, отчасти отступившая к югу на время этой великой вековой зимы, жизнь вновь заняла свое прежнее место, и начали свою неустанную работу те силы, которые и теперь работают над скульптурой земного рельефа. Мороз и дождь не особенно сильные работники в этих сравнительно сухих областях. Главным образом текущие воды, глубже и глубже вытачивающие свои русла, медленные в твердых и каменных массах и быстрые в массах выветрившихся, разрыхленных работой горячих ключей. Большой каньон Йеллоустон представляет нам пример эродирующей размывающей работы текущих вод в самую недавнюю геологическую эпоху. Теперь мы можем оценить, как велика сила подземного жара, который и доныне обнаруживает свое влияние, вызывая к непрерывной деятельности целых тысяч горячих ключей и гейзеров, несмотря на то, что после излияния расплавленной массы на поверхность страна пережила целые геологические эпохи и между ними эпоху великого холода, и несмотря на то, что и теперь с сентября по май в области высокого плато идет снег, и там бывают зимы более суровые, чем у нас [3, л.33–35].

Из этой поездки Павлов привез в Геологический музей Императорского Московского университета, который курировал с 1880 г., образцы самородной серы, известкового туфа, гейзеритов и несколько веточек сухостоя, покрытых в результате погружения в воды гейзера кремнисто-железистой корочкой. Демонстрация на лекциях этих образцов, иллюстраций интересных уголков парка делала их более познавательными, они расширяли кругозор слушателей и давали представление о таком удивительном явлении природы, как горячие источники, грязевые вулканы и т.д.

В 1922 г. на Всероссийском научном курортном съезде в Москве в докладе, посвященном развитию здравоохранения и туризма в Крыму, Алексей Петрович выступил с предложением о создании в этом



Образец травертина из Йеллоустонского национального парка, привезенный А.П.Павловым. Фонды ГГМ РАН, № ГР-8020.
Фото И.Л.Сороки



Образец гейзерита из Йеллоустонского национального парка, привезенный А.П.Павловым. Фонды ГГМ РАН, № ГР-1846.
Фото И.Л.Сороки

регионе национальных парков и привел в качестве примера Йеллоустонский национальный парк. Он отметил, что *научные беседы и экскурсии, знакомящие посетителей с природой этой страны, там*



Веточки сухостоя, покрытые железисто-кремнистой корочкой, привезенные А.П.Павловым из Йеллоустонского национального парка. Фонды ГГМ РАН, № ГР-7801.

Фото М.Н.Кандинова

хорошо организованы. <...> Йеллоустонский парк часто называют страной чудес, потому что там на сравнительно небольшом пространстве сосредоточены многие глубоко интересные и красивые явления природы: горячие ключи, красиво обрамленные разнообразными натечными образованиями, кипящие грязевые котлы, бьющие фонтанами гейзеры, величественные каньоны, красивые водопады и т.п. [5, с.48]. Павлов был уверен, что наш Крым, не весь, конечно, а некоторые избранные места его представляют не менее, а, пожалуй, и более замечательные уголки природы, и если они не будут разрушены, они смогут оказывать русскому населению столь же ценные услуги, как и Национальный парк американцам [5, с.48–49]. Среди разнообразных природных уголков Крыма он выбрал Карадаг, прежде всего потому, что геологические процессы здесь создали такие оригинальные формы рельефа и пейзажные красоты, которые могут поспорить с самыми замечательными уголками американского национального парка [5, с.49].

Национальные парки, по убеждению Алексея Петровича, должны служить в том числе и образованию, а на Карадаге может быть создан центр для подготовки исследователей, лекторов и руководителей экскурсий [5, с.51].

В своих статьях по реформе среднего образования в России Павлов всегда ратовал за преподавание в средней школе на высоком научном уровне, а природоведческие экскурсии считал неотъемлемой частью образовательного процесса. Именно поэтому он полагал, что знакомство с националь-

ными парками под руководством опытного и знающего экскурсовода будет полезным как для молодежи, которая удовлетворит в таком случае свое стремление к познанию того мира, в котором мы живем, так и для школьников — жителей больших городов, которым поведают как созидалась и изменялась вся эта природа. Он был уверен, что такие экскурсии дадут больше, чем долгие годы классного, книжного обучения [5, с.49–50].

Алексей Петрович писал о пользе экскурсий по национальным паркам и среди практикующих учителей и будущих учителей естествознания и географии. Не ясно ли, что по возвращении с нее, с началом учебного года, с нескольких сот российских учительских кафедр будет вестись преподавание наук уже не прежним схоластическим способом. Учителя будут рассказывать о том, что они сами видели и исследовали, а не о том, что вычитали по компиляциям из четвертых рук. Разве это не значительное благо для России [5, с.50].

Неслучайно выбор Павлова пал на Карадаг, где он впервые побывал в 1910 г. и познакомился с Т.И.Вяземским — основателем тогда еще только строящейся научной станции*. Алексей Петрович провел в окрестностях Карадага геологические экскурсии и пришел к выводу, что Карадаг — уникальный, но практически не исследованный геологический и природный объект [6, с. 29]. Павлов предложил своему ученику А.Ф.Слудскому заняться его изучением, а в 1914 г. по его рекомендации Слудский был назначен директором Карадагской научной станции, которой заведовал до 1927 г. [6].

Слудский поддержал идею, высказанную Павловым, и в 1924 г. опубликовал брошюру «О национальном парке на Карадаге». Он обрисовал район будущего парка, отметил характерные геологические и географические особенности Карадага. Прежде всего, это единственный в Крыму древний вулкан, сохранивший в чрезвычайном богатстве и разнообразии основные черты вулканического происхождения. <...> Лавовые покровы и потоки, вулканические пеплы и бомбы, застывшие в трещинах жилы расплавленной магмы, разрез через вулканическое жерло — все это мы видим на Карадаге сосредоточенным на небольшой площади и доступным наблюдению на суше или с моря. Кроме того, на Карадаге можно наблюдать результаты позднейших геологических процессов — сбросы, сдвиги, зеркала скольжения, разнообразные формы размыва и выветривания, словом, всю сложную геологическую жизнь этого клочка земной коры, протекшую в течение многих миллионов лет и представшую сейчас перед нашими глазами, как талантливо сделанная модель некоторых моментов геологической ис-

* Об истории создания Карадагской научной станции см.: Любина Г.И. А.Ф.Слудский — первый директор Карадагской научной станции // Природа. 2017. №3. С.69–79.

тории нашей страны [7, с.4]. У Карадага сходятся три основных элемента земной поверхности — море, горы и равнина. Море отличается разнообразием глубин и фаций, а береговая линия чрезвычайно изрезана и образует красивые и разнообразные формы берегов. Вместе с тем Слудский с горечью отметил, что еще лет 25–30 назад весь описываемый район был покрыт сплошным лесом. Местные жители говорили мне, что они еще охотились в густых лесах Карадага там, где сейчас лес сведен уже совершенно. Покойный основатель Научной станции доктор Вяземский рассказывал, что зимою 1901 г., когда он впервые попал на Карадаг, весь берег был завален лесом, который турки рубили и увозили на баркасах. <...> Люди сделали все, чтобы испортить находящуюся у них в руках драгоценность, чтобы лишить ее

блеска и оставить без нарядной одежды. Люди же должны и воссоздать то, что ими уничтожено [7, с.6]. Слудский считал, что если на Карадаге будут созданы все условия для организации национального парка, то мы будем иметь в Крыму Национальный Парк, которому по интересу, красоте и приносимой им пользе не будет равного в Европе [7, с.7].

Следует подчеркнуть, что Карадагский государственный заповедник был создан только в 1979 г. В настоящее время это Федеральное государственное учреждение науки «Карадагская научная станция имени Т.И.Вяземского — природный заповедник РАН». Отметим, что на Карадагской научной станции тепло вспоминают Павлова и Слудского, много сил отдавшего сохранению станции и организации там научной работы [6]. ■

Литература/ References

1. Горохов В.А., Вишневецкая С.С. По национальным паркам мира. М., 1993. [Gorokhov V.A., Vishnevskaya S.S. On national parks of the world. Moscow, 1993. (In Russ.)]
2. Краснов А.Н. Йеллоустонский парк. Профессор Андрей Николаевич Краснов (1862–1914). Харьков, 1916: 203–213. [Krasnov A.N. Yellowstone Park. Professor Andrey Nikolaevich Krasnov (1862–1914). Kharkiv, 1916: 203–216. (In Russ.)]
3. Архив Российской академии наук. Ф.48. Оп.1а. Д.43. [Archive of the Russian Academy of Sciences. Fund 48. Inventory 1a. File.43. (In Russ.)]
4. Варсанюфьева В.А. Алексей Петрович Павлов и его роль в развитии геологии. М., 1947. [Varsanofieva V.A. Alexey Petrovich Pavlov and his role in the development of geology. Moscow, 1947. (In Russ.)]
5. Павлов А.П. Значение Восточного Крыма в развитии курортного дела и экскурсий, как средства, усиливающего благотворное влияние курортов. Курортное дело. 1923; 1: 45–51. [Pavlov A.P. The importance of the Eastern Crimea in the development of resort business and excursions, as a means of enhancing the beneficial effects of resorts. Resort business. 1923; 1: 45–51. (In Russ.)]
6. Клюкин А.А. Исследователь Карадага (к 120-летию А.Ф.Слудского). Карадаг. История, геология, ботаника, зоология: Сборник научных трудов, посвященный 90-летию Карадагской научной станции им.Т.И.Вяземского и 25-летию природного заповедника. Кн.1. Симферополь, 2004: 28–34. [Klyukin A.A. Researcher of Karadag (To the 120th anniversary of the birth of A.F.Sludsky). Karadag. History-Geology-Botanic-Zoology. The scientific works, dedicated to the 90th anniversary of Vyazemsky Karadag scientific station and the 25th anniversary of Karadag Nature Reserve. Book 1. Simferopol, 2004: 28–34. (In Russ.)]
7. Слудский А.Ф. О национальном парке на Карадаге. Феодосия, 1924. [Sludsky A.F. About the national park in Karadag. Theodosiya, 1924. (In Russ.)]

Aleksey P.Pavlov about National Parks: Memories and Reflections

I.A.Starodubtseva¹, I.L.Soroka¹
¹V.I.Vernadsky State Geological Museum, RAS (Moscow, Russia)

The article contains reminiscences of Aleksey P.Pavlov (1854–1929), geologist and professor of Imperial Moscow University, about Yellowstone National Park (USA), which he visited in 1891. His unpublished notes, used in lectures and talks with students, are stored in the Russian Academy of Sciences archives. Based on Yellowstone example, A.P. Pavlov proposed the idea of National Park on Karadag Mountain (Crimea) in 1922. Samples of geysers, travertines, and native sulfur, brought by Pavlov from Yellowstone, are presented in Vernadsky State Geological Museum (RAS) collections.

Keywords: Yellowstone, National Park, geysers, canyons, lectures, Karadag.