

ISSN 0032-874X

ПРИРОДА

11 18



Главный редактор
академик, доктор физико-математических наук **А.Ф.Андреев**

Заместитель главного редактора
доктор физико-математических наук **А.В.Бялко**

доктор биологических наук **А.С.Апт**, доктор геолого-минералогических наук **А.А.Арискин**, член-корреспондент, доктор физико-математических наук **П.И.Арсеев**, **О.О.Астахова**, доктор биологических наук **Ф.И.Атауллаханов**, член-корреспондент, доктор юридических наук **Ю.М.Батурин**, доктор биологических наук **Д.И.Берман**, доктор биологических наук **П.М.Бородин**, **М.Б.Бурзин**, доктор физико-математических наук **А.Н.Васильев**, член-корреспондент, доктор филологических наук **В.И.Васильев**, кандидат биологических наук **М.Н.Воронцова**, доктор физико-математических наук **Д.З.Вибе**, кандидат физико-математических наук, доктор биологических наук **М.С.Гельфанд**, академик, доктор физико-математических наук **С.С.Герштейн**, профессор **А.Глухов** (**A. Glukhov**, США), академик, доктор физико-математических наук **Г.С.Голицын**, доктор химических наук **И.С.Дмитриев**, кандидат биологических наук **С.В.Дробышевский**, академик, доктор физико-математических наук **Л.М.Зеленый**, академик, доктор биологических наук **Н.А.Зиновьева**, академик, доктор биологических наук **А.Л.Иванов**, профессор **Т.Йованович** (**T. Jovanović**, Сербия), доктор биологических наук **С.Л.Киселев**, кандидат географических наук **Т.С.Клювиткина**, член-корреспондент, доктор физико-математических наук **М.В.Ковальчук**, доктор биологических наук **С.С.Колесников**, **Е.А.Кудряшова**, профессор **Е.Кунин** (**E. Koonin**, США), доктор геолого-минералогических наук **А.Ю.Леин**, член-корреспондент, доктор биологических наук **В.В.Малахов**, профессор **Ш.Миталипов** (**Sh. Mitalipov**, США), доктор геолого-минералогических наук **Т.К.Пинегина**, доктор сельскохозяйственных наук **Ю.В.Плугатарь**, доктор физико-математических наук **М.В.Родкин**, академик, доктор биологических наук **Л.В.Розенштраух**, кандидат географических наук **Ф.А.Романенко**, академик, доктор физико-математических наук **А.Ю.Румянцев**, член-корреспондент, доктор биологических наук **Н.И.Санжарова**, доктор физико-математических наук **Д.Д.Соколов**, кандидат физико-математических наук **К.Л.Сорокина**, кандидат исторических наук **М.Ю.Сорокина**, **Н.В.Ульянова**, академик, доктор биологических наук **М.А.Федонкин**, академик, доктор физико-математических наук **А.Р.Хохлов**, академик, доктор физико-математических наук **А.М.Черепашук**, академик, доктор физико-математических наук **Ф.Л.Черноустько**, член-корреспондент, доктор химических наук **В.П.Шибяев**, **О.И.Шутова**, кандидат биологических наук **А.О.Якименко**

НА ПЕРВОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ. Стратотипический разрез Аза палеоцен—нижнеэоценовых отложений на левобережье р.Аракс. См. в номере: **Кенгерли Т.Н., Ибрагимов В.Б., Рашидов Т.М., Кенгерли И.Т.** *Создание геопарка «Иландаг» в Нахчыванской Автономной Республике (Азербайджан).*

Фото авторов

НА ЧЕТВЕРТОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ. Транстибетская железная дорога. На высоте более 4500 м над ур.м. она пересекает глубокие ущелья и каньоны, пояса современного горного оледенения и обширные зоны сплошного развития мерзлоты. См. в номере: **Галанин А.А.** *Российские мерзлотоведы на «крыше мира».*

Фото автора

В НОМЕРЕ:**3 А.Н.Взоров****Новые подходы к созданию иммуногена для ВИЧ-вакцины**

Стратегия, на основе которой разработано более половины лицензированных к настоящему времени вакцин, в случае ВИЧ-инфекции не работает. Надежду на успех внушает принципиально новый подход к конструированию иммуногена на основе оболочечного белка (Env-тримера) ВИЧ-1, включенного в состав вирусоподобных частиц.

12 Б.Д.Абатуров, А.В.Елизаров**Степи, естественные и измененные человеком: принципиальное сходство, о котором нельзя забывать**

Принято считать, что любая хозяйственная деятельность человека всегда ведет к деградации естественных экосистем. Но так ли это на самом деле? Оказывается, для степей прекращение выпаса скота или даже его ограничение, а также полный отказ от пахоты почв становятся факторами еще большей деградации. И объяснение кроется в специфической природе формирования и функционирования степных почв и растительности.

20 А.А.Галанин**Российские мерзлотоведы на «крыше мира»**

Уникальные природные комплексы Тибета формируются при интенсивном взаимодействии криогенных и эоловых процессов в холодных экстрааридных условиях. Экспедиция на высокогорную научную станцию и совместные работы российских и китайских ученых позволили высказать предположение о сходстве ландшафтов современного Тибета и Восточной Сибири времен ледникового периода.

37 И.В.Доронин, Б.С.Туниев**Ящерица Щербака — вымирающий эндемик России**

Тотальная застройка Черноморского побережья губительно воздействует на природные комплексы. Ящерица Щербака, обитающая исключительно на территории России и впервые описанная в районе г.Анапа, оказалась в числе самых уязвимых видов, уже пополнивших Красную книгу Краснодарского края и рекомендованных к внесению в Красную книгу России. Существуют ли действенные меры для сохранения этого живого реликта и других исчезающих видов растений и животных?

44 Т.Н.Кенгерли, В.Б.Ибрагимов, Т.М.Рашидов, И.Т.Кенгерли**Создание геопарка «Иландаг» в Нахчыванской Автономной Республике (Азербайджан)**

В юго-восточной части Нахчыванской Автономной Республики предлагается организовать Иландагский геопарк международного значения, историко-культурные и природные ценности которого максимально близки к предъявляемым требованиям ЮНЕСКО и Европейской ассоциации по сохранению геологического наследия.

52 А.А.Никонов**Ашхабадская катастрофа 1948 года. Помнить уроки**

По случаю 70-летия Ашхабадского землетрясения 1948 г. — крупнейшей сейсмической катастрофы за время существования Российской империи и СССР — ретрактуются важнейшие факты, которые десятилетиями оставались недоступными общественности, приводится хроника событий в разрушенном городе и организации масштабной всенародной помощи страны.

Научные сообщения**60 К.Н.Ткаченко****Тигры на Хехцире: условия и перспективы существования****Вести из экспедиций****70 Г.Г.Матишов****К Северному полюсу на атомном ледоколе «50 лет Победы»****Времена и люди****76 Е.Н.Груздева****«Артистическая бронза» герцога Лейхтенбергского (76)****Ю.М.Батурич****Квадрат Патона**

К 100-летию со дня рождения академика Б.Е.Патона (85)

95**Новые книги**

CONTENTS:

3 A.N.Vzorov

New Approaches to the Development of Immunogen for HIV Vaccine

A strategy, on which basis more than half of the licensed vaccines have been developed, does not work in the case of HIV infection. The hope for success is inspired by a fundamentally new approach for immunogen designing based on the envelope protein (Env-trimer) of HIV-1, incorporated into the virus-like particles.

12 B.D.Abaturvov, A.V.Elizarov

Steppe Ecosystems of Natural and Anthropogenic Origin: Features of Similarity and Difference

It is considered that any human activity always leads to the degradation of natural ecosystems. But is it true? It turns out that for the steppes, the termination of livestock grazing or even its restriction, as well as the complete abandonment of soil plowing, become factors of even greater degradation. The explanation is in the specific nature of the formation and functioning of steppe soils and vegetation.

20 A.A.Galanin

Russian Permafrost Scientists on the "Roof of the World"

The unique Tibetan natural complexes are formed by the intensive interaction of cryogenic and aeolian processes in cold extra-arid conditions. The expedition to the high-altitude scientific station and the joint work of Russian and Chinese scientists made it possible to hypothesize similarity of the landscapes of modern Tibet and Eastern Siberia during the Ice Age.

37 I.V.Doronin, B.S.Tuniyev

Szczerbak's Lizard – the Endangered Endemic of Russia

Total building-up of the Black Sea coast has a detrimental effect on natural complexes. The Szczerbak's lizard lives exclusively in Russia; it was first described in the vicinity of Anapa and now is among the most vulnerable species that has already enhanced the Red Data Book of the Krasnodar Krai and are recommended for inclusion in the Red Data Book of Russian Federation. Are there effective measures to preserve this relic and other endangered species of plants and animals?

44 T.N.Kangarli, V.B.Ibrahimov, T.M.Rashidov, I.T.Kangarli

Establishment of "Ilandag" Geopark in the Nakhchivan Autonomous Republic (Azerbaijan)

The Ilandaag geopark of international importance is proposed to organize in the south-eastern part of the Autonomous Republic of Nakhchivan. Its historical, cultural, and natural values are as close as possible to the requirements set by UNESCO and the European Association for the Conservation of Geological Heritage.

52 A.A.Nikonov

Ashgabat Disaster of 1948. Lessons to Remember

On the occasion of the 70th anniversary of the Ashgabat earthquake of 1948 – the largest seismic catastrophe in the history of the Russian Empire and the USSR – the most important facts that have remained inaccessible to the public for decades have been republished, a chronicle of events in the destroyed city and the organization of a large-scale nationwide support are given.

Scientific Communications

60 K.N.Tkachenko

Tigers on Khekhtsir: Conditions and Prospects of Existence

Notes from Expeditions

70 G.G.Matishov

To the North Pole on the Nuclear-Powered Icebreaker "50 Let Pobedy"

Times and People

76 E.N.Gruzdeva

"Artistic Bronze" of the Duke of Leuchtenberg (76)

Yu.M.Baturin

Patonian Square To the 100-th anniversary of academician B.E.Paton (85)

95

New Books

Новые подходы к созданию иммуногена для ВИЧ-вакцины

А.Н.Взоров^{1,2}

¹Институт вирусологии имени Д.И.Ивановского, Национальный исследовательский центр эпидемиологии и микробиологии имени Н.Ф.Гамалеи Минздрава России (Москва, Россия)

²Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова (Москва, Россия)

Наиболее эффективно блокировать вне- и внутриклеточный ВИЧ способны антитела к консервативным (неизменным у большинства изолятов ВИЧ) эпитопам, расположенным на поверхностном гликопротеине Env. На основе Env-тримеров разработана многоступенчатая стратегия по дизайну новых иммуногенов, которая основана на данных, полученных при изучении механизмов ускользания ВИЧ от иммунного ответа. С помощью модификации цитоплазматического домена удалось получить стабилизированные тримеры с «открытой» формой, обычно образующейся у нативного тримера Env после связывания с рецептором CD4 в труднодоступных для нейтрализующих антител эндосомах внутри клеток. Следующая модификация трансмембранного домена в комбинации с коротким цитоплазматическим хвостом усиливала включение Env-тримеров в вирусоподобные частицы (VLP). Новые иммуногены на основе VLP способны индуцировать защитные высокоаффинные и нейтрализующие антитела широкого спектра действия и обладают большим потенциалом для разработки ВИЧ-вакцины.

Ключевые слова: ВИЧ, нейтрализующие антитела широкого спектра действия, защитные ненейтрализующие антитела, Env-тримеры, дизайн иммуногена.

Вирус иммунодефицита человека (ВИЧ) — один из самых изученных вирусов. Почему же при этом он остается неуязвимым? Поиском «ахиллесовой пяты» ВИЧ и новых подходов к созданию вакцины занимаются во множестве лабораторий мира, но, несмотря на значительные успехи в этой области, найти надежный способ борьбы с ВИЧ-инфекцией пока не удалось. Сложность заключается в том, что стратегия, на основе которой разработано более половины лицензированных к настоящему времени вакцин, в случае ВИЧ-инфекции не работает.

Для профилактики вирусных инфекций в качестве иммуногена используются инаktivированные (в случае полиомиелита, гриппа, бешенства, гепатита А) или живые, но ослабленные (корь, краснуха, эпидемический паротит, желтая лихорадка) формы вируса или конструкции из фрагментов антигена (гепатит В, папилломавирусная инфекция, грипп), которые обеспечивают достаточно надежный гуморальный иммунный ответ. Все вакцинные препараты против ВИЧ, созданные с помощью традиционного подхода, оказались неэффективными



Андрей Николаевич Взоров, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории энзимологии Института вирусологии имени Д.И.Ивановского при НИЦЭМ имени Н.Ф.Гамалеи, профессор кафедры иммунологии биологического факультета МГУ имени М.В.Ломоносова. Область научных интересов — изучение поверхностных белков ВИЧ и их способности вызывать иммунные ответы, а также конструирование вирусоподобных частиц для создания безопасных вакцин.
e-mail: anvzorov@mail.ru

из-за мощной защиты вируса от нейтрализующего действия антител. Устойчивость ВИЧ связана с биологическими свойствами гликопротеина Env, из которого образованы шипы на вирусной оболочке*. На поверхности Env находится множество гликанов, которые оберегают потенциально уязвимые области гликопротеина от Т- и В-клеток; часть функциональных областей Env скрыта от антител гибкими вариabельными петлями.

* Подробнее см.: Взоров А.Н. Устойчивость ВИЧ и его взаимоотношения с иммунной системой // Природа. 2018. №10. С.18–27.

Со временем стало ясно, что для создания иммунитета к ВИЧ-инфекции необходимо использовать новые формы оболочечного белка — модифицированные тримеры Env. В последнее время для конструирования таких Env-иммуногенов используются методы структурной биологии, которые позволяют преодолеть механизмы ускользания (или дизайна, как принято теперь говорить в профессиональной среде) иммуногена разработанного на основе Env-тримера ВИЧ-1 (самого распространенного сейчас типа ВИЧ) в составе вирусоподобных частиц (VLP, от англ. virus-like particle). Научная новизна подхода заключается в том, что сконструированы стабилизированные шипы-тримеры Env ВИЧ-1, обладающие уникальными иммунологическими свойствами, с раскрытием новых консервативных эпитопов для нейтрализующих антител. Эти антитела способны ингибировать наиболее устойчивые штаммы ВИЧ, в частности CCR5-тропный трансмиссивный штамм-основатель, который передается половым путем через слизистые (мукозные) оболочки и отвечает за начало инфекции.

Типы антител к ВИЧ и их отличия

Известно, что ВИЧ может распространяться как свободными, так и связанными с клетками вирусными частицами, поэтому и препятствовать этому должны такие иммунные механизмы, которые действуют на вирионы как вне, так и внутри клетки. На слизистых поверхностях в качестве первой линии обороны выступают иммуноглобулины класса А (IgA), которые синтезируются в основном плазматическими клетками мукозных оболочек. Эти секреторные иммуноглобулины обязаны препятствовать проникновению вирусов в организм, связываясь непосредственно с антигеном с помощью Fab (от англ. antigen binding fragment — антигенсвязывающий фрагмент). Присутствие IgA у людей, которые находятся в постоянном контакте с ВИЧ, но при этом у них не определяются специфические к нему антитела, свидетельствует о возможной роли IgA в защите от ВИЧ-инфекции. Кроме того, эти антитела несут дополнительную ингибирующую функцию, связанную с Fc-областью (Fc, от англ. fragment crystallizable — кристаллизующийся фрагмент). В слизистой оболочке IgA могут запускать локальные иммунные механизмы (секреторный компонент IgA-опосредованной защиты мукозных клеток, агрегацию секреторных IgA) или активировать эффекторные клетки ADCC (от англ. antibody-dependent cell-mediated cytotoxicity — антителозависимая клеточнообусловленная цитотоксичность), которые синтезируют Fc α -рецепторы (например, нейтрофилы). Недавно, при испытании вакцины RV144, показано, что отсутствие за-

щиты от заражения ВИЧ связано с уровнем индуцирования IgA в сыворотках. В процессе ADCC анти-ВИЧ-IgA конкурируют с IgG, что снижает защитные функции последних. Иными словами, в зависимости от локализации и структуры IgA, а также их происхождения (например, индуцированы они вакциной или ранее существовали), эти антитела могут оказывать либо негативный эффект, конкурируя с протективными антителами IgG, либо позитивный, проявляя защитный эффект путем ингибирования передачи ВИЧ через слизистую оболочку. Эта двойственная функциональность IgA еще раз напоминает нам о сложнейших механизмах, регулирующих иммунный ответ и модулирующих активность его участников, что необходимо учитывать при создании анти-ВИЧ вакцины.

Не менее важны в предотвращении инфицирования свободными вирионами ВИЧ-1-специфические IgG, которые участвуют в адаптивном иммунном ответе. ВИЧ-1-специфические IgG наряду с Fab-фрагментом также могут использовать Fc-область, взаимодействуя с Fc γ -рецепторами (Fc γ R) на поверхности иммунных клеток для их активации. Оба типа иммуноглобулинов, нейтрализующие антитела (nAbs, от англ. neutralizing antibodies) — nAbs и защитные Fc γ R-опосредующие pnnAbs (protective non-neutralizing antibodies) — ненейтрализующие антитела, способны ингибировать внеклеточный вирус и вирус, которому уже удалось проникнуть в клетку, соответственно (рис.1) [1].

В экспериментах по передаче химерного вируса SHIV (от англ. simian-human immunodeficiency virus), представляющего собой комбинацию генов вирусов иммунодефицита обезьян (SIV) и человека (HIV), было показано, что введение специфических nAbs макакам полностью предотвращает их инфицирование [2]. Тем не менее, у суперинфицированных (повторно зараженных) пациентов были обнаружены nAbs, которые могли *in vitro* (в лабораторных условиях) нейтрализовать вторичные вирусные штаммы, вызывающие повторное заражение. Это указывает на недостаточный уровень nAbs для блокирования инфекции во время естественной инфекции. При вакцинации людей для профилактики ВИЧ-инфекции скорее всего потребуются nAbs с широким действием и с более высокой концентрацией, чем у инфицированных ВИЧ-1.

При сравнении функций нейтрализующих антител широкого спектра действия (bnAbs, от англ. broadly nAbs), которые призваны блокировать ВИЧ, с защитными ненейтрализующими антителами (pnnAbs), которые «метят» вирус или инфицированную клетку для активации иммунной системы, выявлены существенные различия [3]. Во-первых, для созревания bnAbs требуются годы [4], а для pnnAbs — только недели. Во-вторых, нейтрализующие антитела достигают широты действия

приблизительно у 20% ВИЧ-инфицированных, а защитные — у 100%. В-третьих, для обеспечения широты действия bnAbs необходим уровень мутаций в Fab-области 10–30%, а для pnnAbs достаточно всего 1–5%. В-четвертых, для нейтрализующих антител обнаружено 5 подходящих эпитопов, а для защитных, по разным данным, от 6 до 57. Таким образом, любые антитела, связывающиеся с Env и представляющие геометрически правильную свою область Fc, способны активировать врожденный иммунный ответ. В-пятых, нейтрализующие антитела не разрушают клетки, инфицированные ВИЧ, а защитные — разрушают. В-шестых, pnnAbs, в отличие от bnAbs, вызывают секрецию цитокинов, и для функционирования защитных антител необходимы эффекторские клетки. И наконец, вызвать выработку широко нейтрализующих антител в ответ на введение вакцины еще не удалось, а индукция защитных антител уже достигнута в нескольких доклинических исследованиях [5].

Эффективность подавляющего большинства человеческих вакцин связана с ответами антител, индукция которых при вакцинации зависит от особенностей иммунной системы и от иммугена. ВИЧ относится к вирусам, против которых при естественной инфекции чрезвычайно трудно вызвать эффективный ответ антител, способный защитить от инфекции. При естественной ВИЧ-инфекции изолированные антитела нейтрализуют более 90% циркулирующих изолятов ВИЧ, но для созревания этих антител может потребоваться создание необычных условий.

К настоящему времени проведено шесть испытаний эффективности вакцин против ВИЧ, в которых проанализированы вакцины на основе потенциальных антигенов ВИЧ (Env, Gag и др.), базирующиеся на четырех различных концепциях [5]. Однако приемлемый уровень эффективности зарегистрирован только для вакцины RV144, которая фактически сочетает два компонента: для стимуляции Т-клеточного ответа был использован рекомбинантный вирус оспы канареек, экспрессирующий гены *env*, *gag* и протеазы ВИЧ-1, — ALVAC-HIV [vCP1521], а для усиления иммунного ответа (бустерной вакцинации) — препарат AIDSVAX B/E на основе гликопротеина gp120 ВИЧ-1. Клинические исследования RV144 завершились в 2009 г., и выяснилось, что в первый год испытаний вакцина обеспечивала защиту на уровне 60%, после чего

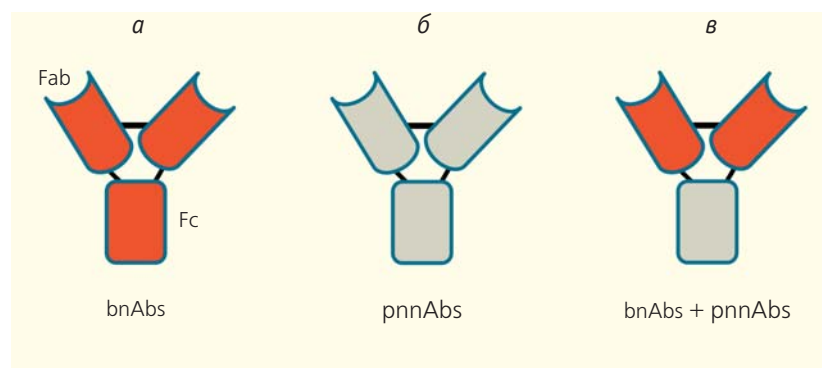


Рис.1. Активность различных антител против инфекции ВИЧ-1. Антитела, полученные от инфицированных ВИЧ-1, эффективно блокируют распространение как свободных, так и внутриклеточных вирионов. При экспериментальном заражении модельных животных (приматов и гуманизированных мышей, продуцирующих клетки иммунной системы человека) нейтрализующие антитела широкого спектра действия (bnAbs) эффективно ингибируют ВИЧ-1 и предотвращают заражение (а). Их Fab-область распознает Env-тример вируса и блокирует его проникновение в клетки. Эффективность защитных ненейтрализующих антител (pnnAbs) доказана в клинических испытаниях вакцины RV144 (б). Fc-область этих антител инициирует разрушение вируса или инфицированной клетки с помощью врожденной иммунной системы. Нейтрализующие антитела нового класса (bnAbs+pnnAbs) ингибируют как вне-, так и внутриклеточный вирус (в). Они действуют либо через CD4-связывающий сайт, либо через V3-петлю на gp120, а также вызывают ADCC.

концентрация ВИЧ-специфических антител в крови иммунизированных падала и эффективность этой вакцины в предотвращении ВИЧ-инфекции снижалась до 31.2%. С одной стороны, это беспрецедентный прорыв и безусловный успех, а с другой — это слишком низкий показатель для внедрения RV144 в широкую практику. Причина невысокого уровня защиты от ВИЧ, по-видимому, связана с бустерирующим компонентом вакцины и обусловлена неспособностью антител ингибировать первичные ВИЧ-1-изоляты с гипервариабельными gp120-белками.

В экспериментах на макаках-резусах выявлена зависимость успешной и безуспешной индукции нейтрализующих антител против ВИЧ от иммунологических барьеров, которые изучали с помощью набора методов, в том числе прямого зондирования зародышевого, или герминативного, центра (GC, от англ. germinal center) лимфатических узлов [6]. У 9 из 12 животных (75%), иммунизированных Env-тримером ВИЧ (SOSIP.v5.2), образовывались нейтрализующие nAbs против ВИЧ с умеренным уровнем резистентности (tier 2), при этом общие титры анти-Env-антител у всех животных были одинаковыми. Образование антител связано с характеристиками фолликулярных Т-хелперов (Tfh, от англ. follicular T helper — субпопуляция CD4⁺ Т-клеток), специфичных для Env, а также с частотой В-клеток герминативного центра и соотношением к его Tfh-клеткам. Может ли иммунизация индуцировать антитела, используя иные, более эффективные пути, чем естественная инфекция?

Преодолеть иммунологические барьеры в индукции bnAbs у ВИЧ-инфицированных пытаются с помощью линейной В-клеточной вакцины. В основе ее создания лежит конструирование иммуногенов, нацеленных на bnAbs-предшественники [7]. Поскольку нативные (не модифицированные) Env-тримеры ВИЧ-1 могут индуцировать аутологичные nAbs (направленных только против собственного иммуноварианта Env, использованного для иммунизации), можно имитировать процесс формирования bnAbs, используя для этого модифицированные тримерные варианты Env и специальные схемы иммунизации. Линейные иммуногены могут вызвать образование bnAbs в специализированных линиях трансгенных (knock-in) мышей, однако в присутствии полного герминативного репертуара человека ожидаемый ответ будет сопровождаться индукцией дополнительных иммунодоминантных pAbs, которые могут блокировать образование нейтрализующих антител.

Эффективность bnAbs и pAbs

Изучение нейтрализующих антител связано с историей их получения от ВИЧ-инфицированных. Первое поколение нейтрализующих антител широкого спектра действия (bnAbs) получено с помощью методов фагового дисплея и гибридомной технологии в 1990-х годах. Открытие bnAbs привело к идентификации консервативных эпитопов, которые являются общими у подтипов ВИЧ и включают: сайт связывания с CD4 (CD4 binding site, CD4bs) на gp120 и соответствующие антитела; консервативные эпитопы в мембрано-проксимальной области (MPER, от англ. membrane proximal external region) gp41, которые нейтрализуют антитела 4E10 и 2F5; гликановый эпитоп на внешнем домене gp120, с которым связывается антитело 2G12. Отбор (скрининг) антител проводился с использованием мономерного gp120, поэтому все они распознают консервативные аминокислотные последовательности на одиночном протомере gp120 и частично представленные (т.е. не полностью закрытые тримерными структурами Env) у вирусных изолятов, которых они нейтрализуют. Поэтому антитела первого поколения имеют ограничение по широте действия и/или специфической активности против ВИЧ-1: b12 и 2G12 нейтрализуют примерно 30% циркулирующих штаммов ВИЧ-1, а 4E10 — около 95%, но только при средних концентрациях ингибирования (inhibition concentration, IC₅₀), превышающих 1 мкг/мл.

К открытию более мощных и более широкого спектра действия bnAbs привели два основных события. Во-первых, в результате масштабных исследований инфицированных людей из стран Африки найдены оптимальные условия для выявления и изоляции сильных нейтрализующих bnAbs. Во-вторых, были усовершенствованы подходы

к получению человеческих моноклональных антител. Для отбора сывороток, содержащих высокоактивные нейтрализующие антитела, использовались оптимизированные методы культивирования и активации индивидуальных В-клеток памяти. Гены антител, отобранных из положительных образцов, клонировали в подходящих векторах для получения bnAbs. Другой используемый подход базировался на основе Env-специфической сортировки В-клеток и получении генов антител, а затем уже использование скрининга полученных антител на нейтрализующую активность. Нейтрализующие антитела второго поколения (VRC01 и PGV04) более точно нацелены на CD4bs и имеют значительную широту и эффективность (рис.2). Более мощные антитела PG9/PG16 — на структуру переменных петель V1/V2 на вершине тримера через гликан N160. Антитела PGT123 — наиболее мощные из идентифицированных — успешно взаимодействуют с основанием V3-петли, включая гликаны в N301 и N332.

Антитела к разным уязвимым сайтам Env-тримера отличаются друг от друга активностью на мукозной оболочке [8]. Способность bnAbs и pAbs (включая те, защитный эффект которых проявился в клинических исследованиях вакцины RV144) блокировать размножение и распространение ВИЧ-1 сравнивали на моделях клеток и тканей мукозной оболочки. Специфические bnAbs против CD4bs (VRC01) нейтрализовали ВИЧ-1 во всех клеточных и тканевых моделях. Антитела к MPER (2F5) и к наружной гликановой области (2G12) предотвращали инфицирование мукозных тканей, а эффективность bnAbs, нацеленных на гликаны V1–V2 (PG9 и PG16), была неполной. Активные в ряде клеточных анализов pAbs (самостоятельно и в комбинациях) плохо защищали ткани слизистой оболочки от ВИЧ-1-инфекции. Эти данные свидетельствуют о том, что недостаточное количество эффекторных клеток в мукозной ткани и Fc-рецепторов ограничивают потенциал pAbs в предотвращении образования начальных очагов ВИЧ-1-инфекции. Специфические bnAbs превосходят pAbs по эффективности защиты слизистых оболочек от инфицирования ВИЧ-1.

Общая мера эффективности pAbs определяется их плотностью связывания с антигенами (авидностью), которая имеет решающее значение для запуска антителозависимых клеточных механизмов — фагоцитоза (ADCP, от англ. antibody-dependent cellular phagocytosis), цитотоксичности (ADCC) и ингибирования клеточного вируса (ADCVI, от англ. antibody-dependent cell-mediated virus inhibition). В экспериментах по предупреждению инфекции оказалось, что авидность индуцированных Env-специфических антител против белка Env вируса SIVsmE660, использованного для заражения, сильно связана с защитным эффектом этих антител. Так, животные, у которых показатель авидности ≥ 40 , не были инфицированы, тогда

как у других, с индексами <40, наблюдалась сильная корреляция между индексом авидности и количеством контрольных лабораторных заражений, требуемых для начала инфекции. У обезьян с усиленной реакцией антител (в частности, с высокоавидными Env-специфическими IgG) после лабораторных высокодозных ректальных заражений SIV или химерным SHIV наблюдалось значительное (10^2 – 10^5 -кратное) снижение пика виремии по сравнению с животными, у которых антитела имели низкую авидность [3].

Защитные антитела играют решающую роль в предупреждении передачи ВИЧ-1 от инфицированных матерей новорожденным. Установлено, что 60% младенцев, появившихся на свет у таких женщин, не заражаются ВИЧ ни во время внутриутробного развития, ни при прохождении по родовым путям, ни в период грудного вскармливания. У всех младенцев, независимо от того, заразились они ВИЧ или нет, были обнаружены одинаково низкие уровни нейтрализующих и защитных антител в плазме крови. В грудном молоке были обнаружены низкие уровни специфических анти-Env IgG и IgA с ограниченной нейтрализующей активностью. Ингибировали передачу ВИЧ от матери ребенку защитные антитела с высокой ADCC, обнаруженные в грудном молоке [9].

До недавнего времени оставалось неясно, будут ли bnAbs защищать от заражения внутриклеточным вирусом. Очевидно, высокоинфекционный ВИЧ, связанный с клетками и присутствующий во всех биологических жидкостях, потенциально способен уклоняться от нейтрализации антителами. Для оценки, могут ли bnAbs второго поколения предотвращать инфекцию после заражения внутриклеточным вирусом, использовали антитела PGT121 с комбинированным механизмом действия: они распознают эпитоп, находящийся на V3-петле, и опосредуют ADCC (см. рис.1). Вначале макакам вводили PGT121, а через час — внутривенно зараженные SHIV клетки (SHNSF162P3-инфицированные спленоциты). В результате всех подопытных животных PGT121 полностью защитили от внеклеточного вируса, троих из шести — и от внутриклеточного SHIV, а у остальных развилась высокая виремия, но с некоторой отсрочкой (у двух — недельной и у одного — семинедельной). Антитела PGT121 были обнаружены через семь дней после введения в плазме крови всех

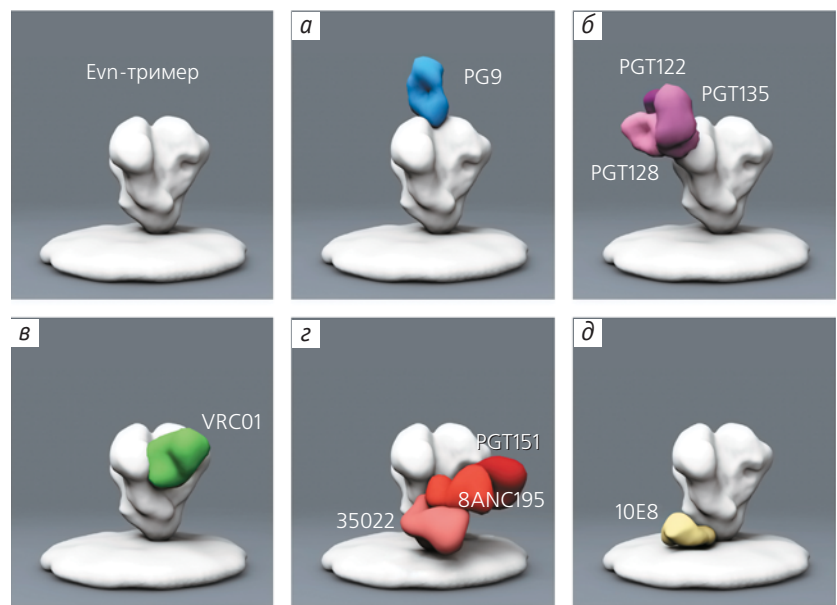


Рис.2. Экспериментально обоснованная модель связывания bnAbs с тримером Env, полученная с помощью электронной микроскопии. В соответствии с эпитопами, которые распознают bnAbs, их можно разделить на следующие группы: антитела, связывающиеся с вершиной тримера (а), с высокоманным участком (б), с сайтом связывания CD4 (в), с поверхностью соединения gp120-gp41 (г) и областью MPER на поверхностном домене gp41 (д). Doi:10.1146/annurev-immunol-041015-055515.

инфицированных животных, но в разной концентрации — от 0.3 до 4 мг/мл. Самые низкие (0.4 и 0.3 мг/мл) титры PGT121 оказались в плазме двух животных, у которых произошла недельная задержка перед высокой виремией. Эти результаты показали эффективность антител PGT121 против внутриклеточного вируса, но эффективность зависела от их концентрации [4]. При этом способность PGT121 связываться с Fcγ-рецептором была аналогичной у всех животных. Антитела с Fc-зависимой функцией имеют очень важное значение для защиты от ВИЧ-1 и других вирусных инфекций (например, гриппа). Функции антител, связанные с Fc-зависимым механизмом (включая ADCC), очень важны для борьбы с внутриклеточным вирусом, поскольку, в отличие от цитотоксических Т-лимфоцитов, ADCC распознает инфицированные клетки, на поверхности которых выставлены чужеродные белки, кодируемые MHC (от англ. major histocompatibility complex — главный комплекс гистосовместимости), и рекрутирует иммунные клетки врожденного иммунитета для уничтожения инфицированных клеток и выделения цитокинов.

В 2017 г. у антител (bnAbs и pnnAbs) к гликопротеину Env ВИЧ-1 обнаружены дополнительные функции, которые открывают новые возможности для разработки вакцины: способность вызывать агрегацию вирионов [10]. Нейтрализующие антитела, направленные на основание V3-петли и вершину тримера Env (гликанзависимый эпи-

топ на gp120), и защитные антитела, нацеленные на объединенные эпитопы на gp41-наружном домене Env, агрегируют вирионы, но в узких диапазонах концентраций. Эти результаты, вместе взятые, открывают новые возможности для разработки эффективной вакцины, индуцирующей анти-телный ответ.

Усиление иммуногенности шипов ВИЧ

К новым технологиям создания вакцин против ВИЧ относятся новые способы дизайна Env-иммуногенов. Для их создания используются методы структурной биологии, которые помогают преодолеть механизмы ускользания ВИЧ, с чем не могут справиться стандартные подходы по разработке вакцин. Одной из «самых мощных» стратегий создания иммуногенов для ВИЧ-вакцины служит структурно-обоснованный дизайн — многоступенчатый подход, в котором используется современная информация о молекулярных механизмах вирусного ускользания от иммунной системы [11].

Структурно-обоснованный дизайн создает определенную форму и реактивность антигена — единственное свойство, необходимое для индукции иммунного ответа. Для повышения иммуногенности gp120-белка изменяли антигенные свойства у Env-тримера путем формирования иммунных комплексов, в которых моноклональные антитела взаимодействовали с gp120 в месте связывания с рецепторами CD4 (CD4bs). В результате антигенные свойства gp120 менялись, и таким образом удавалось усилить специфический ответ антител против V3-петли белка. Стоит отметить, что нейтрализующая активность антител, выработанных в ответ на конформационные изменения в белке Env, оказалась низкой по отношению к гетерологичным штаммам ВИЧ [12]. Для распознавания антителами MPER (напомню, в этом участке Env находятся консервативные эпитопы, которые вызывают индукцию bnAbs) использовали линейные эпитопы, встроенные в конструкции, ковалентно связанные с липосомами. Полученные анти-MPER-антитела проявляли дополнительную активность по отношению к липидам, что усиливало их эффективность. Кроме того, модификация белков, входящих в комплекс Env, путем удаления вариабельных областей V1-, V2- и/или V3-цепей поверхностной субъединицы gp120 могут регулировать конкуренцию ВИЧ-нейтрализующих антител.

Растворимые рекомбинантные белки способны имитировать нативный Env-тример, или шип на поверхности ВИЧ, состоящий из субъединиц gp120/gp41 с метастабильной структурой. Широко используется метод стабилизации конформации искусственно получаемых растворимых белков gp140 — удаление природного сайта рас-

щепления между gp120 и эктодоменом gp41. Однако конформация очищенного белка gp140 и формируемых им тримеров далека от нативной, а индуцируемые ими антитела чаще всего не вызывают нейтрализации вируса.

Еще один подход, используемый для стабилизации растворимых белков gp140, — обеспечение естественного расщепления gp120-gp41 при введении специфических стабилизирующих мутаций, таких как дисульфидный мостик, который ковалентно связывает две субъединицы. Введение таких мутаций помогало поддерживать эктодомен gp41 в переходной конформации, которая предшествовала процессу слияния, а также предотвращала агрегацию тримеров. С помощью этого способа были получены растворимые Env-тримеры без цитоплазматического домена, напоминающие Env-шипы с закрытой конформацией [13]. Привлекательность этих тримерных поверхностных ВИЧ-1 иммуногенов с закрытой конформацией кроется в их способности выставлять четвертичные эпитопы, которые служат мишенью для bnAbs и в то же время оставляют закрытыми нецелевые эпитопы.

Результаты исследования вакцины RV144 подтвердили важность защиты индуцированных ею антител к V1-V2-области Env ВИЧ-1, имеющих в качестве мишеней ключевые участки на петле V2. В начале текущего года американские ученые получили тримерный JRFL-gp120-иммуноген, введя N-концевой домен тримеризации в область петли V1 белка gp120 с циклически измененным порядком последовательности (сусP-gp120) [14]. Образование связывающих перекрестно-субтиповых антител к gp70-V1V2-структурам у иммунизированных животных показал, что эти антитела возможно нацелены или на консервативный эпитоп в области V1V2, или на определенную конформацию этих структур. Этот иммуноген вызвал у морских свинок нейтрализующую активность антител против различных изолятов ВИЧ-1, обладающих умеренной устойчивостью к действию антител (tier 2). Известно, что принадлежность Env к определенному вирусному субтипу влияет на специфичность индуцированных bnAbs, поэтому доступность эпитопов определенной специфичности (т.е. V1-V2- или CD4-специфичных и т.д.) также зависит от штамма Env-тримера ВИЧ-1, выбранного в качестве иммуногена.

Совместно с американскими коллегами мы разработали принципиально новую стратегию по дизайну иммуногена на основе Env-тримера ВИЧ-1, включенного в вирусоподобные частицы, или VLP [15, 16] (рис.3). Научная новизна подхода заключается в том, что сконструированы стабилизированные шипы-тримеры Env ВИЧ-1, обладающие уникальными иммунологическими свойствами. Подача сигнала изнутри-наружу на поверхностный домен Env-тримера через модифицированный цитоплазматический домен со-

встроенной α -спиральной последовательностью позволила значительно изменить функции рецептор-связывающих сегментов в gp120. Это привело к формированию Env-тримера промежуточной формы, возникающей во время конформационной перегруппировки после связывания с CD4, что подтвердило усиление связи антител с корецептором CCR5 [17, 18]. Для этого Env-шип должен был раскрыться, и таким образом у нейтрализующих антител возникала возможность для обнаружения новых консервативных эпитопов. Иммунизация морских свинок вирусоподобными частицами, содержащими такие модифицированные Env-тримеры, вызвала образование нейтрализующих и высокоаффинных антител широкого спектра действия, которые эффективно блокировали устойчивые штаммы ВИЧ-1 [15]. Кроме того, эти стабилизированные тримеры образовывали стерические ограничения для эпитопов bNAb. Если иммуноген не имел таких ограничений для сближения с антителами, то возникала высокая вероятность образования «внецелевых» антител. Кроме того, стабилизация Env-тримера приводила к отсутствию продуктов деградации Env-белка в вирусной оболочке (рис.4).

С еще одним механизмом ВИЧ, позволяющим ему ускользать от иммунного ответа, — низким содержанием Env-тримеров в вирусной оболочке — тоже удалось справиться: были сконструированы VLP с повышенным уровнем Env [19, 20]. Дополнительного включения тримера в VLP добились за счет его модификаций — укорочения цитоплазматического домена на конце gp41 (CT, от англ. cytoplasmic tail — цитоплазматический хвост); замены домена трансмембранного белка gp41 ВИЧ на домен из гликопротеина Env вируса опухоли молочной железы мышей (MMTV, от англ. mouse mammary tumor virus) с дополнительными модификациями трансмембранного домена (см. рис.3). Специфические модификации в gp41 в СТ домене (короткий СТ) и в области трансмембранного перекрывающего домена (TMS, от англ. transmembrane spanning domain) влияли на сборку Env-тримеров, значительно увеличивая их содержание в оболочке вирусоподобных частиц и усиливая иммунный ответ у вакцинированных животных (см. рис.4) [15].

В сравнении с вакцинами на основе растворимых белков Env вакцины на основе VLP обладают рядом преимуществ. Во-первых, VLP-иммуногены содержат закоренную в мембрану форму белка Env с цитоплазматическим хвостом, т.е. эпитопы представлены в нативной конформации (отражают эпитопы, присутствующие в вирионе). Во-вторых, Env-тримеры в составе частиц гораздо более эффективны в качестве иммуногенов, чем их растворимые формы. В-третьих, усиление иммуногенности происходит за счет включения дополнительных мембраносвязанных иммуностимулирующих молекул в оболочку VLP. Одними из наиболее

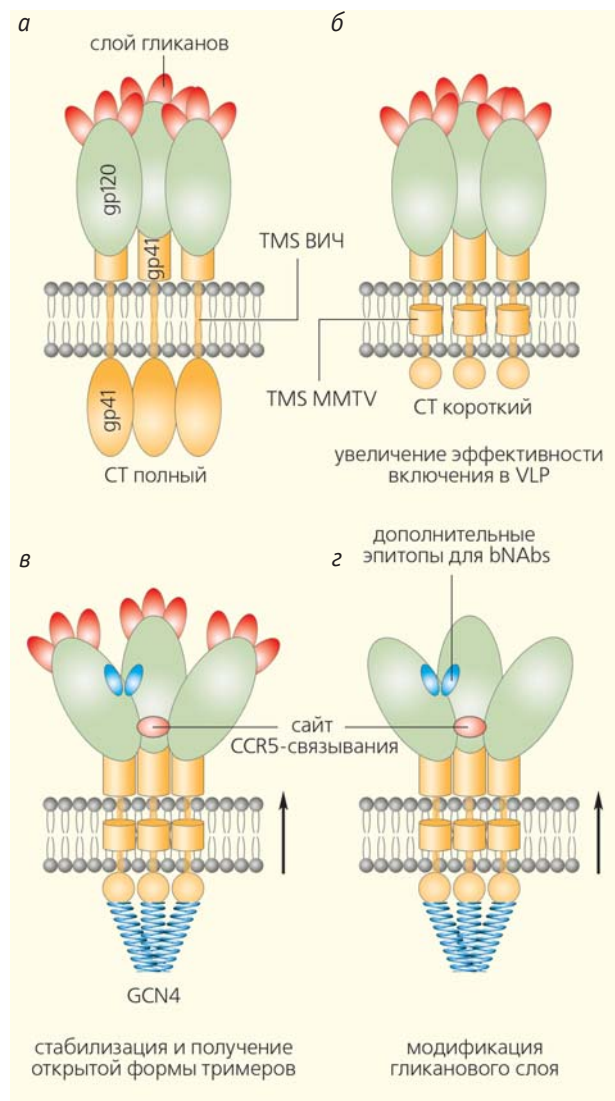


Рис.3. Новая многоступенчатая стратегия модификации Env-тримера для усиления его иммуногенности. Для преодоления резистентности Env-шипов ВИЧ (а) разработана стратегия по их модификации (б–г). Рекомбинантная замена TMS-домена Env ВИЧ на модифицированный домен Env-белка MMTV и усечение цитоплазматического хвоста (создание короткого СТ) для усиления включения Env тримеров ВИЧ в VLP (б). Вставка α -спиральной последовательности (GCN4) в цитоплазматический домен для стабилизации Env-тримера, ограничивая доступ нецелевых антител и открытию доступа для bNAbs к консервативным эпитопам (в). Модификация гликанового слоя Env-тримера для усиления распознавания нейтрализующими антителами белковых эпитопов (г).

эффективных адъювантов для стимулирования Т-клеточного иммунного ответа выступают агонисты TLR (от англ. Toll-like receptor — Toll-подобный рецептор). Эффективность таких адъювантов может быть улучшена с помощью новых подходов к их дизайну и способам доставки в составе вак-

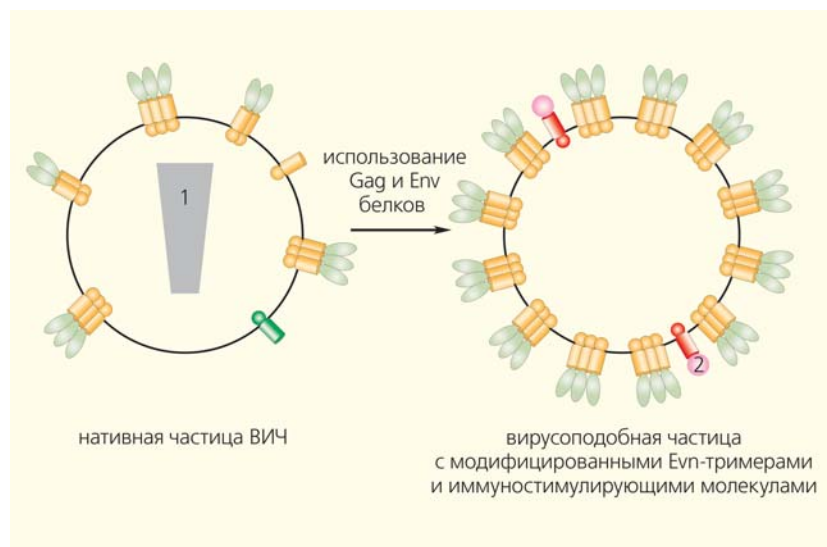


Рис.4. Конструирование иммуногенных вирусоподобных частиц (VLP). Для создание неинфекционных VLP в качестве платформы для Env-тримеров ВИЧ используются структурные Gag-белки ВИЧ, а усиление иммуногенности VLP достигается за счет включения мембраносвязанных иммуностимулирующих молекул. Слева изображена инфекционная природная вирусная частица с конусообразной белковой сердцевинкой (1) с геномной РНК ВИЧ-1 с низким содержанием резистентных к иммунному ответу Env-тримеров с включением продуктов деградации Env и клеточных белков. Справа — высокоиммуногенная неинфекционная вирусоподобная частица с высоким содержанием модифицированных Env-тримеров и иммуностимулирующими молекулами (2).

цин, например, специально разработанные мембраносвязанные формы. Введение в состав такой вакцины иммуностимулирующих агентов, связанных с мембраной TLR5-лиганда или других агентов, будет существенно усиливать иммуноген-

ность VLP (см. рис.4), повысит эффективность презентации антигена и/или усилит антительный ответ [21, 22]. Использование Prime-boost (особого режима иммунизации в несколько этапов и разными типами препаратов, первые из которых активируют иммунный ответ, а последующие — усиливают и закрепляют эффект) стимулирует накопление гипермутаций в соматических клетках и образование bnAbs, способных справиться с разнообразием вариантов ВИЧ-1 на мукозных оболочках — входных воротах ВИЧ-инфекции. Кроме того, такие тримеры вызывают образование антител с высокой авидностью или защитных pnnAbs, обеспечивающих дополнительный эффект вакцины против ВИЧ-1. Таким образом, используя стратегию дизайна иммуногена, разработанную с учетом преодоления механизмов ускользания ВИЧ от иммунных ответов, можно создать Env-тримеры, индуцирующие эффективный ВИЧ-специфический иммунный ответ. Мы

Литература / References

1. Parsons M.S., Lloyd S.B., Lee W.S. *et al.* Partial efficacy of a broadly neutralizing antibody against cell-associated SHIV infection. *Sci. Transl. Med.* 2017; 9(402): eaaf1483. Doi:10.1126/scitranslmed.aaf1483.
2. Hessel AJ., Poignard P., Hunter M. *et al.* Effective, low-titer antibody protection against low-dose repeated mucosal SHIV challenge in macaques. *Nat. Med.* 2009; 15(8): 951–954. Doi:10.1038/nm.1974.
3. Robinson H.L. Non-neutralizing antibodies in prevention of HIV infection. *Expert. Opin. Biol. Ther.* 2013; 13(2):197–207. Doi:10.1517 / 14712598.2012.743527.
4. Взоров А.Н., Урываев Л.В. Критерии для индукции нейтрализующих антител широкого спектра действия против ВИЧ-1 с помощью вакцинации. *Молекуляр. биол.* 2017; 51(6): 945–957. Doi:10.7868/S0026898417060076. [Vzorov A.N., Uryvaev L.V. Requirements for the Induction of Broadly Neutralizing Antibodies against HIV-1 by Vaccination. *Mol. Biol.* 2017; 51(6): 819–829. Doi:10.1134/S0026893317060176.]
5. Manrique A., Adams E., Barouch D.H. *et al.* The immune space: a concept and template for rationalizing vaccine development. *AIDS Res. Hum. Retroviruses.* 2014; 30(11):1017–1022. Doi:10.1089/AID.2014.0040.
6. Havenar-Daughton C., Carnathan D.G., Torrents de la Pena A. *et al.* Direct probing of germinal center responses reveals immunological features and bottlenecks for neutralizing antibody responses to HIV Env trimer. *Cell Rep.* 2016; 17(9):2195–2209. Doi:10.1016/j.celrep.2016.10.085.
7. Haynes B.F., Kelsoe G., Harrison S.C., Kepler T.B. B-cell-lineage immunogen design in vaccine development with HIV-1 as a case study. *Nat. Biotechnol.* 2012; 30: 423–433. Doi:10.1038 / nbt.2197.
8. Cheeseman H.M., Olejniczak N.J., Rogers P.M. *et al.* Broadly neutralizing antibodies display potential for prevention of HIV-1 infection of mucosal tissue superior to that of nonneutralizing antibodies. *J. Virol.* 2017, 91(1): e01762–16. Doi:10.1128 / JVI.01762-16.

9. Mabuka J., Nduati R., Odem-Davis K. et al. HIV-specific antibodies capable of ADCC are common in breastmilk and are associated with reduced risk of transmission in women with high viral loads. *PLoS Pathog.* 2012; 8(6): e1002739. Doi:10.1371/journal.ppat.1002739.
10. Alexander M.R., Sanders R.W., Moore J.P., Klasse P.J. Short communication: virion aggregation by neutralizing and nonneutralizing antibodies to the HIV-1 envelope glycoprotein. *AIDS Res. Hum. Retroviruses.* 2015; 31(11): 1160–1165. Doi:10.1089/aid.2015.0050.
11. Kwong P.D. What are the most powerful immunogen design vaccine strategies? A Structural biologist's perspective. *Cold Spring Harb. Perspect. Biol.* 2017; 9 (11): a029470. Doi:10.1101 / cshperspect.a029470.
12. Visciano M.L., Tuen M., Gorny M.K., Hioe C.E. In vivo alteration of humoral responses to HIV-1 envelope glycoprotein gp120 by antibodies to the CD4-binding site of gp120. *Virology.* 2008; 372(2): 409–420. Doi:10.1016/j.virol.2007.10.044.
13. Pugach P., Ozorowski G., Cupo A. et al. A native-like SOSIP.664 trimer based on an HIV-1 subtype B env gene. *J. Virol.* 2015; 89(6): 3380–3395. Doi:10.1128/JVI.03473-14.
14. Jones A.T., Chamcha V., Kesavardhana S. et al. A trimeric HIV-1 envelope gp120 immunogen induces potent and broad anti-V1V2 loop antibodies against HIV-1 in rabbits and rhesus macaques. *J. Virol.* 2018; 92(5): e01796-17. Doi:10.1128/JVI.01796-17.
15. Vzorov A.N., Wang L., Chen J. et al. Effects of modification of the HIV-1 Env cytoplasmic tail on immunogenicity of VLP vaccines. *Virology.* 2016; 489:141–150. Doi:10.1016/j.virol.2015.09.015.
16. Взоров А.Н., Компанс Р. Вакцины против ВИЧ на основе вирусоподобных частиц и влияние модификаций в белке Env на их антигенные свойства. *Молекуляр. биол.* 2016; 50(3): 406–415. Doi:10.7868/S0026898416030113. [Vzorov A.N., Compans R.W. VLP vaccines and effects of HIV-1 Env protein modifications on their antigenic properties. *Mol. Biol.* 2016; 50(3): 353–361. Doi:10.1134/S0026893316030110.]
17. Vzorov A.N., Compans R.W. Cytoplasmic domain effects on exposure of co-receptor-binding sites of HIV-1 Env. *Arch Virol* 2016; 161(11): 3011–3018. Doi:10.1007/s00705-016-2998-1.
18. Vzorov A.N., Compans R.W. Effects of stabilization of the gp41 cytoplasmic domain on fusion activity and infectivity of SIVmac239. *AIDS Res. Hum. Retroviruses* 2011; 27(11): 1213–1222. Doi:10.1089/AID.2010.0321.
19. Vzorov A.N., Bukrinsky M.I., Grigoriev V.B. et al. Highly immunogenic human immunodeficiency viruslike particles are produced by recombinant vaccinia virus-infected cells. *AIDS Res. Hum. Retroviruses.* 1991; 7(1): 29–36. Doi:10.1089/aid.1991.7.29.
20. Взоров А.Н., Тенцов Ю.Ю., Григорьев В.Б. и др. Образование вирусоподобных частиц белков Gag ВИЧ-1, экспрессируемых рекомбинантным вирусом осповакцины. *Молекуляр. биол.* 1990; 24(6): 1666–1674. [Vzorov A.N., Tentsov Yu.Yu., Grigor'ev V.B. et al. Formation of virus-like particles by HIV-1 Gag proteins, expressed by a recombinant vaccinia virus. *Mol. Biol.* 1990; 24(6): 1666–1674. (In Russ.).]
21. Vassilieva E.V., Wang B.Z., Vzorov A.N. et al. Enhanced mucosal immune responses to HIV virus-like particles containing a membrane-anchored adjuvant. *MBio.* 2011; 2(1): e00328-10. Doi:10.1128/mBio.00328-10.
22. Skountzou I., Quan F.S., Gangadhar S. et al. Incorporation of glycosylphosphatidylinositol-anchored granulocyte- macrophage colony-stimulating factor or CD40 ligand enhances immunogenicity of chimeric simian immunodeficiency virus-like particles. *J. Virol.* 2007; 81(3): 1083–1094. Doi:10.1128/JVI.01692-06.

New Approaches to the Development of Immunogen for HIV Vaccine

A.N.Vzorov^{1,2}

¹Ivanovsky Institute of Virology, Gamaleya Federal Research Center of Epidemiology and Microbiology (Moscow, Russia)

²Lomonosov Moscow State University (Moscow, Russia)

The most effective anti-HIV antibodies capable of blocking extracellular and intracellular HIV are antibodies against conserved epitopes on the Env-trimer obtained from HIV-infected individuals. A multi-step strategy for the design of new immunogens based on Env-trimers has been developed. A strategy developed on the basis of the data obtained during the study of HIV escape from the immune response mechanisms was used for the modification. Modification of the cytoplasmic domain, made it possible to obtain stabilized open-form trimers. Another modification of the trans-membrane domain (TMS) in combination with the short cytoplasmic tail enhanced the incorporation of Env-trimers into virus-like particles (VLP). Step-by-step modification VLP-based immunogens are capable of inducing protective high avidity and broadly neutralizing antibodies and have great potential for the development of HIV vaccines.

Keywords: HIV, broadly neutralizing antibodies, protective non-neutralizing antibodies, Env-trimers, immunogen design.

Степи, естественные и измененные человеком: принципиальное сходство, о котором нельзя забывать

Б.Д.Абатуров¹, А.В.Елизаров²

¹Институт проблем экологии и эволюции имени А.Н.Северцова РАН (Москва, Россия)

²Центр охраны дикой природы (Москва, Россия)

Статья посвящена анализу некоторых особенностей природных экосистем, не испытавших влияния человека. На примере степей показано, что процессы формирования естественных экосистем прошлых эпох и современных, антропогенно измененных, во многом сходны. Проведен анализ необходимых условий их устойчивого функционирования. Если принять во внимание эти условия, становится очевидным, что большинство естественных экосистем носят в той или иной степени черты антропогенных. В связи с этим авторы указывают на необходимость уточнить некоторые принципы природоохранной стратегии.

Ключевые слова: природные экосистемы, нарушенные экосистемы, степь, пастбища животных, фитофаги, землерои, микрорельеф.

Принято считать, что хозяйственная деятельность человека негативно влияет на окружающую среду, ведет к деградации естественных экосистем и их замене искусственными, не обладающими необходимыми функциями жизнеобеспечения. Подобное природопользование таит угрозу социально-экологического кризиса [1]. И все чаще звучат призывы к его разумному ограничению. Неслучайно многие авторы предлагают избрать новую стратегию — например, внедрять технологии, имитирующие природные процессы [2]. Не менее популярны требования сохранять экосистемы нетронутыми. Однако специалисты по-разному понимают, что такое естественные экосистемы. Не вполне ясно, насколько они отличаются от измененных людьми, каковы реальные механизмы их функционирования. Попытаемся рассмотреть проблему на примере степей, претерпевших в течение многих тысячелетий глубокие антропогенные преобразования. Начнем с существующего научного представления о степи как о природном объекте.



Борис Данилович Абатуров, доктор биологических наук, профессор, главный научный сотрудник Института проблем экологии и эволюции имени А.Н.Северцова РАН. Область научных интересов — общая экология наземных экосистем, роль животных в их функционировании, экология млекопитающих, функционирование наземных экосистем пастбищных типов.
e-mail: abaturvbd@mail.ru



Андрей Валентинович Елизаров, кандидат биологических наук, координатор Степной программы Центра охраны дикой природы. Область научных интересов — системная экология, биогеография и природопользование степного биома.
e-mail: bobdo@mail.ru

Современная степная экосистема — это природная совокупность живых и косных компонентов, сформированная в условиях аридного климата при абсолютном господстве травяных форм растений с участием кустарничков, полукустарничков и степных кустарников. Доминирование трав — необходимый атрибут степной экосистемы. Но все не так просто...

Пастбищное воздействие в прошлом и настоящем

Классическим образцом естественной экосистемы считается разнотравно-дерновинно-злаковая степь, преимущественно ковыльная [3]. Такие ландшафты были обычны в прошлом, до возникновения цивилизованного человеческого общества. Позднее, как полагают ученые, степи претерпели глубокие преобразования под влиянием хозяйственной деятельности (особенно многовековой пастбы скота, повсеместной распашки земель) и стали весьма редкими, а в большинстве степных регионов совсем исчезли. Казалось бы, прекращение выпаса или его ограничение должно создать условия для восстановления и сохранения степной дерновинно-злаковой (ковыльной) растительности. Но так ли это на самом деле? Могут ли подобные степи устойчиво существовать при исключении хозяйственной деятельности?

Травоядные животные, обитавшие в степных ландшафтах и до появления человека, выполняют важнейшие экосистемные функции. Безусловно, формы жизнедеятельности домашних и диких копытных неравнозначны, но по своей роли в экосистемах и силе воздействия на среду они сопоставимы. Об этом свидетельствуют нижеследующие данные.

В недавнем прошлом для степных, полупустынных и пустынных ландшафтов был характерен комплекс диких копытных животных, включавший кулана (*Equus hemionus*), лошадь Пржевальского (*E.Przewalskii*), дикого верблюда (*Camelus bactrianus*), сайгака (*Saiga tatarica*), джейрана (*Gazella subgutturosa*), дикого барана (*Ovis* sp. sp.) и другие виды, довольно многочисленные. Так, еще в 70-е годы 19 столетия зимние скопления куланов в полупустынях Казахстана насчитывали тысячи голов [4]. В середине XIX в. многочисленные косяки диких лошадей (тарпанов) были обычны в сухих степях и полупустынях Предкавказья и Волго-Уральского междуречья [5]. По оценкам многих исследователей, в прериях Северной Америки в начале XIX в. обитали 50–80 млн бизонов (*Bison bison*), 40–100 млн вилорогих антилоп (*Antilocapra americana*), а суммарное поголовье диких копытных составляло 103–118 млн и было вполне соизмеримо с количеством современного домашнего скота — 191 млн голов [6–9]. В настоящее время в саваннах Африки естественная пастбищная нагрузка на заповедные (поддерживаемые в первозданном состоянии) ландшафты не только не уступает, но даже превосходит воздействие, оказываемое на прочие земли стадами, принадлежащими скотоводам. С тезисом о высокой плотности диких млекопитающих в природных экосистемах прошлого соглас-



Нетронутая человеком естественная степь представляется нам такой: «...Ковылем густым степь белеется, травкой шелковой зеленеется» (А.Кольцов, 1839).

Здесь и далее фото Б.Д.Абатурова



Бизоны на пастбищах природоохранного комплекса Ассоциации «Живая природа степи». Ростовская обл., 2018 г.

ны палеотериологи, которые считают, что численность крупных копытных в позднелейстоценовых тундростепях и на охраняемых природных территориях современных саванн Африки — сопоставимые величины [10].

Итак, пастбищная нагрузка относится к глобальным факторам формирования, функционирования и динамики большинства наземных экосистем степных и пустынных регионов. И хотя принято считать, что она воздействует разрушительно и вызывает опустынивание ландшафтов, однако накапливается все больше данных, показывающих, что к деградации растительности ведет не только усиление, но и, наоборот, исключение пастбы скота — даже ее чрезмерное ослабление губительно для степной экосистемы [11]. Дело в том, что накопление неразложившейся мертвой растительной массы (ветоши, подстилки), играет здесь важную средообразующую роль. Этот процесс еще в начале прошлого века впервые описал И.К.Пачоский в Аскания-Нова — в заповедных Причерноморских степях [12], его детально изучила А.М.Семенова-Тян-Шанская в Центрально-Черноземном заповеднике (Курская обл.) [13].

Почему оскудевают охраняемые заповедные земли?

На пастбищах отмершие растительные остатки почти не накапливаются, тогда как на территории, где крупных копытных нет, масса подстилки (степного войлока) достигает 10 т/га, и этот толстый, плотный слой угнетающе действует на мно-

гие виды растений, затрудняет и замедляет прорастание побегов весной. Более других страдают дерновинные злаки, особенно ковыли: невозможность семенного возобновления сопровождается их старением и одряхлением, травянистый покров редее, обнажаются хорошо заметные проплешины — участки, занятые степным войлоком. Одновременно заметно снижается продуктивность растительного покрова: по имеющимся оценкам, при максимальной мощности подстилки, составляющей 91 ц/га, годичный прирост надземной растительной массы в заповеднике не превышал 37 ц/га, что заметно уступало продуктивности пастбищных трав на пограничном с заповедником пастбищном участке (53 ц/га), имеющем маломощную (23 ц/га) подстилку.

В настоящее время хорошо известно, что описанный процесс, который развивается в отсутствие пастбы, ведет к сокращению видового состава растений и животных, к зарастанию степей кустарниками и бурьяном, к другим негативным последствиям. По существу, естественная экосистема разрушается [14, 15]. Добавим, что в материале подстилки удерживается (а значит, исключается из биологического круговорота) большое количество элементов минерального питания, в том числе доступных для растений форм азота, в результате чего почвы заметно обедняются, снижается их плодородие.

В этих условиях важнейшее значение для функционирования экосистем приобретает жизнедеятельность животных-фитофагов, особенно растительноядных млекопитающих. На степных пастбищах они поедают основную часть надземной рас-



Состояние степной растительности на участке с подстилкой при исключении пастбы (слева) и рядом на пастбищном участке без подстилки. Джаныбекский стационар РАН, 2000 г.

тительной массы, «перерабатывают» ее в процессе пищеварения и метаболизма и в полном объеме, вместе с содержащимися в ней подвижными (доступными для растений) питательными веществами, возвращают в корнеобитаемую толщу почвы. Основная часть всего потребленного ими органического азота вновь попадает в окружающую среду в форме мочевины и аммиака. Ежегодно таким путем в плодородный слой возвращается около 15 кг/га азота [16].

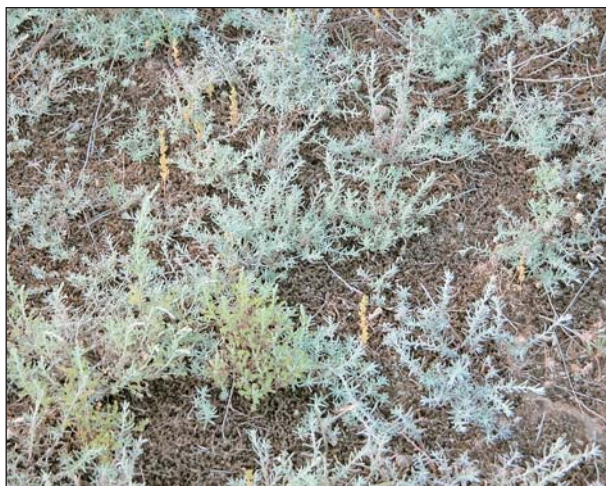
Очевидно, что описанные процессы свойственны степным экосистемам, в которых относительно высокая продуктивность травянистой растительности сочетается с пониженной в аридном климате активностью почвенных беспозвоночных животных, грибов, микроорганизмов. Таким путем растительные млекопитающие восстанавливают баланс между синтезом и деструкцией растительной органической материи в степной экосистеме.

Следует особо отметить, что при отсутствии пасающихся животных происходит образование не только подстилки, но и другой специфической и экологически важной формы мертвой растительной массы — а именно степной ветоши, т.е. закончивших вегетацию и отмерших, но еще стоящих на корню сухих трав. Завершившие к середине лета вегетацию степные растения (особенно злаки) и сухая, легко воспламеняющаяся ветошь служат постоянным источником пожаров. В европейских и азиатских степях это особенно заметно проявилось в последние десятилетия: после повсеместного сокращения поголовья скота и его выпаса обширные пространства разнотравно-дерновинно-злаковых ландшафтов России и Казахстана были пройдены огнем неоднократно.

Пастба животных положительно сказывается не только на качестве растительного покрова: хорошо известно, что в аридных экосистемах на поверхности почвы между растениями развивается



Степь в летний (сухой) период: с закончившей вегетацию злаковой растительностью в виде ветоши (слева) и в тех же условиях, после степного пожара. Калмыкия, июль 2007 г.



Поверхность почвы в заповеднике (слева) и на пастбище. В отсутствие выпаса скота на почве формируется корка из лишайников (*Caloplaca raesaeneni*, *Endopyrenium desertorum*), мха (*Tortula desertorum*), водорослей (*Nostoc* spp.). На пастбище доминирует устойчивая к выпасу черная полынь (*Artemisia pauciflora*), на заповедном участке — прутняк простертый (*Kochia prostrata*), излюбленная пища животных. Джаныбекский стационар РАН, апрель 2006 г.

пленка из лишайников, водорослей, мха [17], снижающая водопроницаемость верхнего горизонта. А копытные животные разрушают эту корочку. Так, в сухих степях северного Прикаспия доля «замшелой» поверхности снизилась с 97 до 37% при возобновлении пастбы животных, причем водопроницаемость почвы возросла пятикратно.

Природные «пахари»

Но вернемся к антропогенным факторам, разрушающим степную экосистему. Как известно, важнейший из них — пахота почв. Однако заметим: в природной среде аналогичные процессы неизбежны и массово осуществляются путем механической обработки почв многочисленными крупными и мелкими роющими животными. На измененных ими участках развиваются специфические почвообразовательные процессы и в итоге формируются степные экосистемы с особыми свойствами. Так, не прерывавшаяся в течение тысячелетий жизнедеятельность малого суслика (*Spermophilus pygmaeus*) — исконного обитателя степей — меняет их внешний облик. Бугорки-сусликовины формируют характерный «сусликогенный» ландшафт.

Не менее масштабна деятельность слепушонки (*Ellobius talpinus*), питающейся клубнями и корнями степных растений. Механическая переработка этим

животным почвенной толщи по форме и размаху близка ее возделыванию человеком. Деятельность маленького «пахаря» давно обратила на себя внимание: слепушонка до такой степени рыхлит землю и покрывает холмиками грунта, что издали ее поверхность кажется свежевспаханной. Вот как более века назад описал эту картину русский зоолог Н.А.Зарудный: «...Кучки стоят так близко друг к другу, что часто на десяток шагов не остается настолько свободной земли, чтобы могла уместиться нога. Ощутительного вреда хозяйству человека этот зверек не приносит, напротив того, разрыхляя почву, он «опушает» ее, как говорят садовники, и делает более плодородной; по крайней мере мне удавалось замечать, что в местностях, в которых долго жили землекопы, улучшались сенокосы



«...Сусликовые бугорки, занимая площади в несколько десятков и даже сотни квадратных верст... придают степи совершенно своеобразный пестро-бугорчатый вид...» (И.В.Мушкетов, 1885 [4]). Джаныбекский стационар, 2006 г.

и в большом изобилии принимались расти таволга и карагана» [18]. Используя доступные кормовые ресурсы, зверек перемещается на новое, нетронутое место, а перерытый им участок превращается в обычную степную залежь с однолетними растениями.

Системы нор полевок — степной пеструшки (*Lagurus lagurus*), общественной полевки (*Microtus socialis*), полевки Брандта (*Lasiodromys Brandtii*) и др., а также одиночные норы различных видов сусликов и других грызунов разрыхляют верхние слои почвы, пронизывают слабопроницаемые для воды горизонты, превращая почвенный покров в решето и тем самым способствуя глубокому проникновению влаги атмосферных осадков [19–20]. Животные периодически меняют местообитания, т.е. имеет место их ротация (переложная система освоения, по терминологии отечественного зоолога А.Н.Формозова) [21], и вся степная поверхность довольно быстро (в вековом масштабе) бывает пройдена такой переработкой.

После распаивания почвы плугом исходное состояние ее профиля через короткое время восстанавливается, последствия же зоогенного преобразования ландшафта во многих случаях необратимы. Еще один «землекоп» сухой степи северного Прикаспия — малый суслик (*Spermophilus pygmaeus*). Пробуждаясь от зимней спячки, многочисленные представители вида выходят из зимовочных гнезд на поверхность и ежегодно сооружают одиночные вертикальные норы — несколько де-



Перерытая слепушонкой степная почва. Джаныбекский стационар, 2013 г.

сятков на гектар. Эти вертикальные дрены (подземные искусственные водотоки) диаметром 5–6 см пронизывают толщу степной почвы (включая непроницаемый для воды плотный солонцовый горизонт) на глубину около 1 м и тем самым открывают доступ талым и дождевым водам в глубокие засоленные слои. В результате в ходе весеннего снеготаяния почва увлажняется на глубину до 1.5 м, тогда как в отсутствие норных животных влага доходит лишь до 40–50 см. Особенно резко меняется солевой режим и характер осолонцованности этих почв, что сопровождается их значительным уплотнением и оседанием с формированием западин, в которых развиваются более плодородные незасоленные каштановые почвы и степная разнотравно-злаковая растительность.



Норы общественной полевки в степных ландшафтах: слева — на заднем плане бурьянистая залежь на месте заброшенных нор, на переднем — новые жилые норы (Калмыцкая степь, апрель 2018 г.); справа — постоянные норы на пастбище (почвенное «решето») в разнотравной степи в долине р.Маныч (Ростовская обл., 2016 г.).



Двугорбые верблюды успешно осваивают непригодные для хозяйства бурьянистые залежи, возникающие на заброшенных пахотных землях. Июль 2015 г. Ассоциация «Живая природа степи», Ростовская область.

Примеры естественного преобразования степных почв под влиянием механических форм активности животных можно продолжать и дальше, они разнообразны, повсеместны, и механизм этот хорошо изучен — например, в экосистемах Монголии [22]. Имеющиеся данные однозначно свидетельствуют о том, что мы имеем дело не со случайным явлением, а с закономерным естественным процессом, охватывающим природную степь. По своей сути он аналогичен антропогенному воздействию на ландшафты: в том и другом случае нарушаются сложение, структура и функционирование почв. Не совпадают только интенсивность воздействия (деятельность роющих животных подобна непрерывной пахоте) и степень обратимости преобразований. Но эти различия естественно формирующихся и антропогенных экосистем не так существенны.

Безусловно, природоохранные меры, направленные на поддержание степных экосистем, должны разрабатываться с учетом процессов, которые обеспечивают их функционирование. А это значит, что не следует забывать: формы воздействия животных, сложившиеся в естественной природе вне связи с человеком (пастбища диких копытных млекопитающих, перекапывание почвы степными роющими грызунами), аналогичны таким антропогенным факторам, как выпас скота и распашка почвенного покрова. Справедливо будет признать, что степные территории, испытывающие пастбищное воздействие как диких, так и сельскохозяйственных животных, относятся к естественным экосистемам. И наоборот, при отсутствии такого воздействия характерные особенности развития степей и их внешний облик неизбежно утрачиваются. ■

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект 18-04-00172).

Литература / References

1. Залиханов М.Ч., Лосев К.С., Шелехов А.М. Естественные экосистемы — важнейший природный ресурс человечества. Вестник РАН. 2006; 7: 612–614. [Zalikhanov M.Ch., Losev K.S., Shelekhov A.M. Natural ecosystems as a crucial natural resource of mankind. Bulletin of the Russian Academy of Sciences. 2006; 7: 612–614. (In Russ.).]
2. Павлов Д.С., Стриганова Б.Р., Букварёва Е.Н. Экологоцентрическая концепция природопользования. Вестник РАН. 2010; 80(2): 131–140. [Pavlov D.S., Striganova B.R., Bukvareva E.N. The environment oriented concept of nature use. Bulletin of the Russian Academy of Sciences. 2010; 80(2): 131–140 (In Russ.).]
3. Лавренко Е.М. Степи СССР. Растительность СССР. М.; Л., 1940; 2. [Lavrenko E.M. The steppes of the USSR. Vegetation of the USSR. Moscow; Leningrad? 1940; 2. (In Russ.).]
4. Мушкетов И.В. Геологические исследования в калмыцкой степи в 1884–1885 гг. СПб., 1885. [Mubsketov I.V. Geological researches in the Kalmyk steppe in 1884–1885 St. Petersburg, 1885. (In Russ.).]

4. Слудский А.А. Джуты в евразийских степях и пустынях. Тр. Ин-та зоологии АН КазССР. Алма-Ата, 1963; 20: 5–88. [Sludsky A.A. Jute in the Eurasian steppes and deserts. Tr. Institute of Zoology of the Kazakh SSR. Alma-Ata, 1963; 20: 5–88. (In Russ.).]
5. Кириков С.В. Человек и природа степной зоны. М., 1983. [Kirikov S.V. The Person and the nature of the steppe zone. Moscow, 1983. (In Russ.).]
6. Seton E.T. Lives of game animals. Boston, 1953; 3.
7. Petrides G.A. The management of wild hoofed animals in the United States in relation to land use. Terre et vie. 1961; 108(2/3): 181–202.
8. Buchner H.K. Regulation of numbers of pronghorn antelope in relation land use. Terre et vie. 1961; 108(2/3): 266–285.
9. Уатт К. Экология и управление природными ресурсами. М., 1971. [Watt K. The Ecology and management of natural resources. Moscow, 1971. (In Russ.).]
10. Верещагин Н.К., Громов И.М. Формирование териофауны в четвертичном периоде. Успехи современной териологии. М., 1977; 32–45. [Vereschagin N.K., Gromov I.M. Formation of theriofauna in the Quaternary. The success of modern mammals. Moscow, 1977; 32–45. (In Russ.).]
11. Абатуров Б.Д. Пастбищный тип функционирования степных и пустынных экосистем. Успехи современной биологии. 2006; 126(5): 435–447. [Abaturov B.D. A type of Pasture functioning of steppe and desert ecosystems. Advances in modern biology. 2006; 126(5): 435–447 (In Russ.).]
12. Пачоский И.К. Описание растительности Херсонской губернии. Херсон, 1917. [Pachosky I.K. Description of the vegetation of Kherson province. Kherson, 1917. (In Russ.).]
13. Семенова-Тян-Шанская А.М. Накопление и роль подстилки в травяных сообществах. Л., 1977. [Semenov-Tian-Shansky M.A. The Accumulation and role of litter in herbaceous communities. Leningrad, 1977. (In Russ.).]
14. Дидух Я.П. Что мы должны охранять в степных заповедниках. Степной бюллетень. 2014; 40: 8–10 [Didukh Ya.P. What we must protect in steppe nature reserves. Steppe bulletin. 2014; 40: 8–10 (In Russ.).]
15. Быстрицкая Т.Л., Осычнюк В.В. Почвы и первичная биологическая продуктивность степей. М., 1975. [Bystritskaya T.L., Osychnyuk V.V. Soils and primary biological productivity of steppes. M., 1975. (In Russ.).]
16. Абатуров Б.Д., Кулакова Н.Ю. Роль выпаса животных и степных палов в круговороте азота и зольных элементов в степных пастбищных экосистемах. Аридные экосистемы. 2010; 16(2): 54–64. [Abaturov B.D., Kulakova N.Yu. The role of grazing animals and steppe fires in the cycle of nitrogen and ash elements in the steppe pasture ecosystems. Arid ecosystems. 2010; 16(2): 54–64 (In Russ.).]
17. Гунин П.Д. Экология процессов опустынивания аридных экосистем. М., 1990. [Gunin P.D. Ecology of desertification processes of arid ecosystems. Moscow, 1990. (In Russ.).]
18. Зарудный Н. Заметки по фауне млекопитающих Оренбургского края. Материалы к познанию фауны и флоры Российской империи. Отд. зоологический. 1897; 3. [Zarudny N. Notes on the fauna of mammals of the Orenburg region. Materials to knowledge of fauna and flora of the Russian Empire. Otd. zoological. 1897; 3. (In Russ.).]
19. Абатуров Б.Д. Млекопитающие как компонент экосистем. М., 1984. [Abaturov B.D. Mammals as a component of ecosystems. Moscow, 1984. (In Russ.).]
20. Абатуров Б.Д., Зубкова Л.В. Роль малых сусликов (*Citellus pygmaeus* Pall.) в формировании западного микро рельефа и почв в северном Прикаспии. Почвоведение. 1972; 5: 59–67. [Abaturov B.D., Zubkova L.V. The Role of small ground squirrels (*Citellus Rodney* Pall.) in the formation of the Western microrelief and soils in the Northern Caspian. Pedology. 1972; 5: 59–67. (In Russ.).]
21. Formosov A.N. Mammalia in the steppe biocenose. Ecology. 1928; 9(4): 449–460.
22. Дмитриев П.П. Млекопитающие в степных экосистемах Внутренней Азии. М., 2006. [Dmitriev P.P. Mammals in steppe ecosystems of Inner Asia. Moscow, 2006. (In Russ.).]

Steppe Ecosystems of Natural and Anthropogenic Origin: Features of Similarity and Difference

B.D.Abaturov¹, A.V.Elizarov²

¹Severtsov Institute of Ecology and Evolution, RAS (Moscow, Russia)

²Biodiversity Conservation Center (Moscow, Russia)

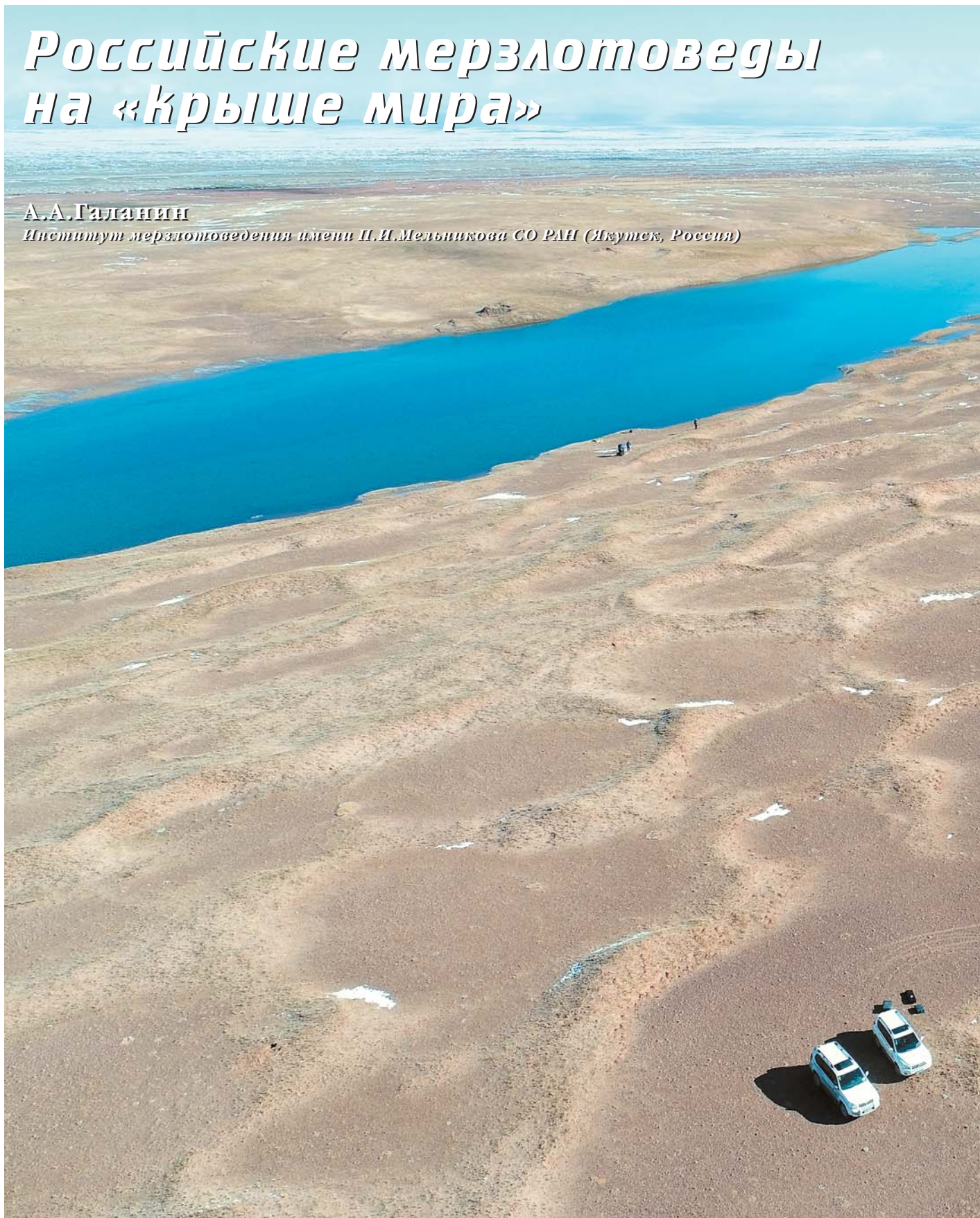
This article is devoted to the analysis of some features of natural ecosystems that have not experienced human influence. On the example of steppes it is shown that the processes of formation of natural men-changed ecosystems of past and modern epochs are very similar. We analyze the essential conditions for the sustainable functioning of existing ecosystems. Considering these conditions, it becomes obvious that most natural ecosystems have more or less anthropogenic features. In this regard, the authors point the necessity to clarify some principles of the environmental strategy.

Keywords: natural ecosystems, disturbed ecosystems, steppe, grazing animals, phytophages, fossorial, microrelief.

Российские мерзловеды на «крыше мира»

А.А.Галанин

Институт мерзлотоведения имени П.И.Мельникова СО РАН (Якутск, Россия)





Полигональные дюны, формирующиеся на поверхности аллювиальной террасы и наследующие скрытополигональную мерзлотную решетку.

Здесь и далее фото автора

Вниманию читателя предлагается очерк о природе Тибетского нагорья, в основе которого лежат впечатления автора о научной поездке в г.Ланьчжоу, в Северо-Западный институт экологии и природных ресурсов Китайской Народной Республики, а также об экспедиции на высокогорную научно-исследовательскую станцию. Здесь, на абсолютных высотах более 4500 м, китайскими инженерами воздвигнуто настоящее техническое чудо — Транстибетская железная дорога, протянувшаяся более чем на 1000 км в окружении ледников, многолетней мерзлоты, горных степей и холодных каменистых пустынь. В очерке рассматриваются наиболее яркие особенности криолитозоны и ландшафтов Тибета, формирующиеся при интенсивном взаимодействии криогенных и эоловых процессов в холодных экстрааридных условиях. По мнению автора, многие черты современных ландшафтов Тибета и обстановок рельефообразования сходны с палеоклиматическими условиями ледникового периода Восточной Сибири.

Ключевые слова: Тибет, криолитозона, высокогорные пустыни, дефляция, едома, лессы, палеогеография четвертичного периода, Ланьчжоу, Транстибетская железная дорога.



Алексей Александрович Галанин, доктор географических наук, главный научный сотрудник лаборатории общей геокриологии, руководитель лаборатории радиоуглеродного датирования Института мерзлотоведения имени П.И.Мельникова СО РАН. Область научных интересов — геология, геокриология и палеогеография четвертичного периода.
e-mail: agalanin@gmail.com

Наверное, трудно найти человека, который не слышал о Тибете и не мечтал там когда-нибудь побывать. Для большинства людей с Тибетом — «крышей мира» — ассоциируются высочайшие горные хребты, увенчанные ледниками, каменистые пустыни и глубокие ущелья, таинственные буддийские монахи, редкие лекарственные растения и тибетская медицина, монеты с квадратными дырками и многое другое. Тибет тысячелетиями притягивал философов, монахов и паломников, пытавшихся спрятаться от «государственности», найти новые пути духовного роста, обрести смысл жизни. Другие пилигримы, уже «нашедшие смысл» в золоте, пробились через Тибет с караванами шелка, фарфора, чая и пряностей, везли с собой заимствованные в Древнем Китае технологии. Веками позже оккультисты Третьего рейха усмотрели в Тибете родину арийской расы и старались укрепить свой дух, устремляясь сюда в поисках древних «предметов силы».

На протяжении веков Тибет был обособленной зоной без особого государственного статуса, грандиозным природным барьером, разделявшим великие цивилизации. Попастъ сюда удавалось лишь немногим, и о своих путешествиях они рассказывали восторженные, небывалые истории.

Конечно, многочисленные связанные с Тибетом «неординарные факты и события» — мифы. Но это нисколько не убавляет ощущения необычности, таинственного восторга и душевного подъема, посещающего нас, когда мы начинаем думать и говорить о Тибете. Вес-

ной 2017 г. мне довелось побывать там, и эта поездка оставила неизгладимые впечатления, которыми я поделюсь в настоящей статье.

Немного предыстории

В 2017 г. мы с моими коллегами из Института мерзлотоведения имени П.И.Мельникова СО РАН (ИМЗ) вошли в число победителей конкурса, проводимого Государственным департаментом Китайской Народной Республики по привлечению иностранных специалистов для обмена опытом (State Administration of Foreign Experts Affairs; SAFEA). Эта победа стала результатом почти двадцатилетнего сотрудничества между ИМЗ и Главной государственной лабораторией инженерии мерзлых грунтов (ГГЛИМГ) Северо-Западного института экологии и природных ресурсов Китайской академии наук (СЗИЭПР КАН). Благодаря этому сотрудничеству еще в 1993 г. был организован Международный симпозиум по инженерному мерзлотоведению, который проводится с тех пор каждые три года попеременно на территории России и Китая. Очередной XI симпозиум, вызвавший широкий резонанс научной общественности, прошел в начале сентября 2017 г. в г.Магадане. Предыдущий состоялся в г.Харбине в 2014 г., а следующий намечено провести в г.Ланьчжоу в 2020 г.

На симпозиуме обсуждаются проблемы строительства в холодных регионах, фундаментальные

вопросы строения и происхождения криолитозоны, а также ее изменений в связи с глобальным потеплением. Все эти темы взаимосвязаны и не могут полноценно рассматриваться учеными поодиночке в рамках узких исследовательских проектов. Именно поэтому крайне важно их обсуждение в широком кругу различных специалистов, обмен технологиями, теориями, гипотезами и даже способами мышления. Вопросы геокриологии и инженерного мерзлотоведения актуальны как для России, так и для интенсивно развивающейся экономики Китая, северные и особенно высокогорные (западные) территории которого находятся в зоне сплошного и прерывистого распространения многолетнемерзлых пород и криогенных ландшафтов.

ГГЛИМГ и СЗИЭПР находятся в Ланьчжоу. Это современный мегаполис, столица провинции Ганьсу. Город расположен в истоках р.Хуанхэ у западного края Тибетского нагорья. Ланьчжоу — древнейший населенный пункт античного государства Цинь (II в. до н.э.). На протяжении двух тысячелетий он представлял собой перевалочный пункт, заставу и точку переправы через Хуанхэ, по долине которой проходил южный вариант Великого шелкового пути протяженностью около 1600 км. И в наши дни это один из немногих коридоров, через которые можно попасть на высокогорные равнины Тибета.

Сегодня Ланьчжоу — крупнейший торгово-экономический и мощный научный центр, основная задача которого, как и в древние времена, — ком-



Современный Ланьчжоу. Это город со множеством высокотехнологичных небоскребов. На улицах много пыли, выносимой ветрами со стороны Тибетского нагорья.

плексное освоение Тибета. По пути движения средневековых караванов сегодня проложены высокоскоростные автомобильные и железнодорожные магистрали, которые пересекают окруженные ледниками и каменными глетчерами горные перевалы высотой более 5000 м над ур.м. Строительство в таких условиях требует особых технических решений и надежных сведений о строении и температурном режиме многолетнемерзлых пород. Кроме того, исключительная и полная эндемиков природа Тибета легкоранима. Она заслуживает аккуратного и бережного отношения, заключающегося в привлечении новых природоохранных мер и технологий. Все это, помимо изучения криолитозоны, также относится к предметам исследований СЗИЭПР КАН.

В последние годы на фоне укрепления российско-китайских отношений, а также при активной поддержке руководства и научного сообщества Якутского научного центра СО РАН сотрудничество между мерзлотоведами обеих стран перешло в новую, активную фазу. Ее начало было ознаменовано организацией в апреле 2017 г. в Ланьчжоу на базе СЗИЭПР Международного исследовательского центра природных и технических систем холодных регионов Азии. Центр призван объединить усилия геокриологов, инженеров, экологов, конструкторов, биологов, этнологов и других исследователей по решению широкого спектра задач освоения холодных, в том числе арктических азиатских районов. Существует обширный список тем совместных исследований — некоторые из них уже поддержаны различными фондами, в том числе российско-китайскими. Темы, реализуемые в ИМЗ, посвящены геотермии и мерзлотному картографированию, строению, происхождению и эволюции криолитозоны, ее реакции на глобальные климатические изменения, гидрогеологии, инженерной геокриологии, разработке новых методов изучения многолетнемерзлых пород и т.д. Таким образом, поездка в СЗИЭПР и экспедиция в Тибет стали логичным продолжением сотрудничества между нашими институтами.

Великое Лессовое плато

В международном аэропорту Ланьчжоу, куда я прилетел 8 июля, меня встречал сотрудник СЗИЭПР и куратор нашего визита в Китай Чжан Дзе*. Он великолепно владеет русским языком, поскольку окончил МГУ. Кроме языка он освоил, по его утверждению, «русскую», самую лучшую в мире, школу мерзлотоведения».

* Пользуясь случаем, хотелось бы выразить искреннюю благодарность администрации ИМЗ СО РАН и персонально руководителю отдела по международным связям Л.В.Прокопьевой за инициативу и содействие, а также профессору ГЛИМГ Чжану Дзе за организацию поездки в Тибет.

От аэропорта до Ланьчжоу около 50 км. Мы мчались по современному автобану, врезанному в резкопересеченный полупустынный бедленд. Я поражаюсь высочайшему качеству дороги, восхищался размахом, оригинальностью и разнообразием технических решений. Чжан напомнил, что мы движемся по Лессовому плато, генезис пылеватых отложений которого постоянно дискутируется, и что сам он придерживается мнения об их водном происхождении (!). За окном стремительно мелькали белесовато-палевые обнажения, подрезанные автодорожными полками и терриконами.

В сущности, естественный рельеф лессового бедленда состоит из небольших плоских поверхностей, расчлененных густой сетью извилистых оврагов с сухими тальвегами. Местами на склонах виднелись куртины колючих кустарников, травянистый покров полностью отсутствовал. Отсутствие травы в пустынях связано вовсе не с жарой или с сухостью воздуха, а с крайне низким уровнем грунтовых вод. Лишь некоторые кустарники с длинными корнями дотягиваются до воды и чувствуют себя неплохо.

Здесь на протяжении сотен тысяч лет господствовали крайне сухие обстановки и отсутствовал поверхностный сток. В других условиях все эти лессовые склоны крутизной более 40° непременно поползли бы вниз в виде делювия, пролювия, а резкопересеченный лессовый бедленд постепенно расплылся бы в холмистую равнину. В действительности же, в отличие от нашего региона, здесь практически отсутствуют склоновые процессы и отложения!

Почему именно здесь, в пустыне, так много лессов? Не здешний ли климат — основная причина их происхождения? Ведь в условиях хорошего увлажнения и соответствующего стока все пылеватые отложения уже давно были бы смыты в океан — конечный базис эрозии! А тут эти тонкодисперсные продукты выветривания в огромном количестве застряли где-то посередине между водоразделом и океаном.

Но ведь и в Восточной Сибири есть породы, очень похожие на лессы: это многолетнемерзлые лессовидные суглинки, именуемые также едомой. В отличие от китайских лессов, они полностью проморожены и насыщены льдом, который встречается как в виде цемента, так и в виде массивных вертикальных жил, пронизывающих мерзлый грунт и образующих полигональную решетку. В «сибирских лессах» встречается множество остатков степной флоры и фауны и даже живые семена трав. Возможно, есть какие-то общие условия происхождения едомых отложений Сибири и лессов Китая?

По дороге Чжан рассказывал мне, как люди осваивают окружающие ландшафты для нового строительства. Лессовые холмы здесь срезаются, разравниваются и засаживаются растениями. Действительно, местами появлялись обширные ис-

кусственно выровненные и рекультивированные участки, на которых рядами в неимоверном количестве были высажены деревья. Кое-где мелькали устройства для автоматического полива новых рукотворных ландшафтов. Неужели китайцы хотят превратить пустыню в субтропический лес? По мере приближения к Ланьчжоу искусственные лесные массивы встречались все чаще и уже практически смыкались над лессовым бедлендом.

Мы приближались к долине Хуанхэ, врезанной в Лессовое плато на 600–700 м. Высота окружающих холмов увеличивалась, склоны становились круче. Полупустая четырехполосная автострада стала чаще нырять в тоннели. Чжан сообщил, что мощность лессов здесь достигает 900 м. В основании они подстилаются красными глинами, инженерные свойства которых существенно меняются.

В естественном состоянии лессы имеют крайне низкую влажность, но обладают высокой гигроскопичностью и дают большую усадку. Это обусловлено их специфической пористостью. Пылева-

тые частицы упакованы крайне рыхло и касаются друг друга гранями и вершинами. Лессы достаточно хорошо держат почти вертикальные стенки, поскольку их частицы на контактах слабо сцементированы карбонатами. При сильных землетрясениях крутые эрозионные склоны лессового бедленда легко обрушаются, нередко приводя к катастрофическим последствиям.

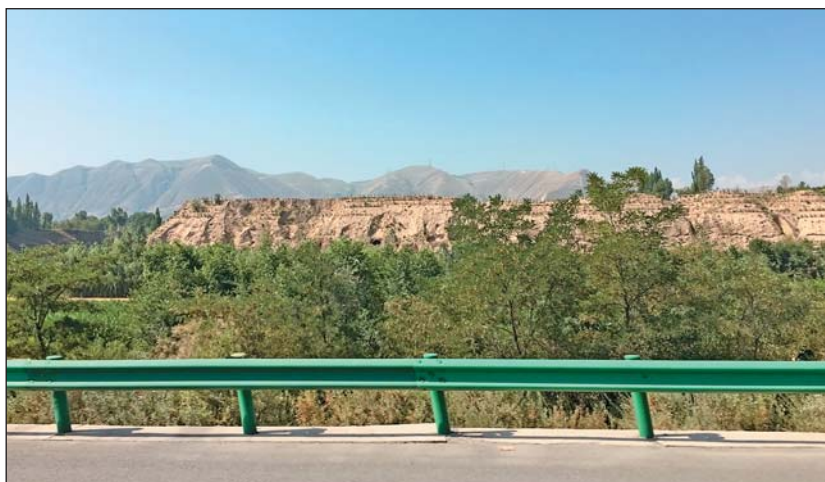
Позже я узнал, что в ГЛИМГ изучению лессов уделяют максимальное внимание. Из них пытаются изготавливать полезные строительные смеси, добавляя в разных пропорциях пластификаторы и отвердители. Даже большая часть Великой Китайской стены построена из прессованных лессов. В равнинных районах это был единственный доступный материал. Древние строители делали широкие деревянные опалубки, наполняли их лессовой пылью, поливали водой, добавляли солому, навоз и т.п. Затем интенсивно утрамбовывали тяжелыми колотушками. В результате достигалась весьма высокая прочность конструкции.

Лишь веками позже на наиболее важных участках стена была облицована кирпичом. Получается, что и сегодня китайцы трамбуют лессы для своих грандиозных сооружений!

Академгородок в Ланьчжоу

Ланьчжоу тянется многокилометровой полосой вдоль долины цементно-желтой Хуанхэ. Академгородок Северо-Западного отделения КАН находится в самом центре города. Интересно, что под науку здесь отведена самая лучшая, удобная и дорогая городская земля. Я спросил об этом у Чжана и получил простой ответ: «А как иначе? Ведь ученые — главное богатство и достояние Китая, только они могут как-то изменить будущее, привести общество к лучшей жизни! Дать им хорошие условия для работы совсем не сложно для уважающего себя государства».

В Академгородке расположено несколько научных организаций: Институт современной физики, СЗИЭПР (включающий ГЛИМГ), Институт биологии Тибетского плато, Институт геологии, а также Ланьчжоуская научная библиотека. Еще одно подразделение, входящее в состав Северо-Западного отделе-



Лессовое плато в долине р.Хуанхэ. Здесь распространены тонкослоистые пылеватые отложения с большим количеством легкорастворимых элементов и примесью тонкодисперсной органики.

ния КАН, — Цинхайский институт исследования соленых озер — расположен в г. Синине в 200 км к западу от Ланьчжоу.

Кроме зданий институтов и лабораторий, в Академгородке множество многоквартирных домов и общежитий для сотрудников. Все устроено таким образом, чтобы ученые не теряли времени и средств на дорогу. Например, весь четвертый этаж ГЛИМГ представляет собой прекрасную гостиницу, именуемую Домом ученых. Остальные этажи занимает сама лаборатория. Таким образом, приехав сюда, вы, в принципе, можете вообще не выходить из здания.

Помимо оптимального и эффективного устройства ГЛИМГ, меня поразило и другое обстоятельство. Оказалось, что в Академгородке проживают только научные сотрудники. В российских же традиционных научных городках все часто бывает наоборот: многие государственные квартиры там давно приватизированы, и живут в них люди, не имеющие к науке никакого отношения.

После того как я заселился в гостиницу, Чжан провел короткую экскурсию по зданию ГЛИМГ, показал основные приборы и приспособления для изучения природных грунтов и различных инженерных смесей. Здесь в автоматическом режиме происходит циклическая заморозка и оттайка грунта, сжатие мощными прессами. Системы датчиков позволяют отследить изменения температуры, плотности, пластичности, влажности. Все это нужно для оценки пределов устойчивости инженерных сооружений, разрабатываемых для эксплуатации в сложных климатических условиях Тибета.

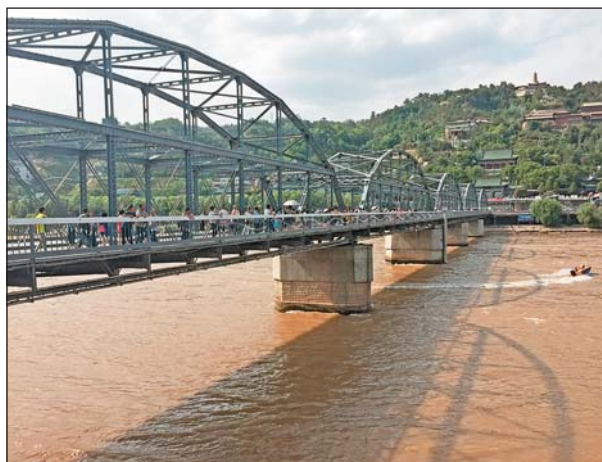
Еще при согласовании списка направлений совместных исследований ИМЗ и СЗИЭПР наша тема «Эоловые процессы холодных регионов Якутии, Северного Китая и Тибета» вызвала интерес у ки-



Академгородок в Ланьчжоу.

тайских коллег. Поэтому именно ей я решил посвятить первый доклад в ГЛИМГ. Оказалось, что частично мерзлые дюнные массивы, сходные с якутскими тукуланами*, крайне широко распространены на севере Китая, а также в пределах криолизон Тибета. Эти массивы изучаются на входя-

* Феномен тукуланов — песчаных дюнных массивов Якутии — недавно рассматривался в «Природе». См.: Галанин А.А., Павлова М.Р., Шапошников Г.И., Лыткин В.М. Тукуланы: песчаные пустыни Якутии // Природа. 2016. № 11. С. 44–55; Галанин А.А., Шишников В.А., Климова И.В. Фульгуриты: «автографы молний» в песчаных дюнах Якутии // Природа. 2017. № 5. С. 52–60.



Ланьчжоу узкой полосой вытянут вдоль реки Хуанхэ. Строительство мостов здесь длительное время было крайне проблематичным из-за сложных гидрологических и инженерных условий. Первый мост, известный как Железный, или как мост Чжуншань (справа), был построен в 1909 г. предприимчивыми немецкими бизнесменами, заинтересованными в увеличении товарооборота с Китаем. В 2006 г. мост стал объектом культурного наследия Китая, сегодня по нему разрешено исключительно пешеходное движение.

щей в состав ГГЛИМГ Тибетской научно-исследовательской станции, расположенной в 1500 км к западу от Ланьчжоу. Руководит работами профессор Цинбай Ву. Нам вместе с моим коллегой из ИМЗ И.И.Христофоровым предстояла научная экскурсия в Тибет, и она оказалась весьма кстати, так как продолжила криогенно-эоловую тематику.

Путешествие в Тибет

Мы выехали из Ланьчжоу 15 июля в 5:30, чтобы проскочить утренние пробки на выезде из города. Уже через полчаса мы мчались по автобану на запад вверх по долине Хуанхэ. Руководил нашей экскурсией Чжан Шэнжун — аспирант геологического

факультета МГУ, который за время обучения в России неплохо освоил русский.

Дорога, огибая множество небольших населенных пунктов, вела нас все выше и выше. Отметка на нашем GPS перевалила за 3000 м, мы въехали на высокогорную равнину. Ландшафты становились более засушливыми, древесная растительность полностью исчезла, кругом простирались каменистые степи и дефляционные каменистые пустыни, покрытые песчано-кустарниковыми кочками, местами появлялись полужакрытые дюнные массивы. Иногда встречались искусственно орошаемые лесопосадки и множество различных сооружений по закреплению ландшафтов от вездесущей дефляции (ветрового выдувания тонкодисперсных супесчано-суглинистых отложений). Сельскохозяйственные поля и огороды исчезли,

вместо них по степным просторам местами бродили отары овец и яков. Вдалеке среди бескрайней степи светлыми куполами маячили крыши юрт. Ландшафт напоминал Центральную Монголию, в которой мне во время студенческой практики пришлось провести больше месяца.

Максимальная абсолютная высота места, куда нам предстояло добраться, составляла 4700 м. В целях акклиматизации мы запланировали ночевку в г.Голмуде, лежащем в широкой горной котловине к северу от хребта Куньлунь на высоте 2800 м над ур.м. Нам сообщили, что Голмуд называют «воротами в Тибет», хотя мы наивно полагали, что уже целый день едем по Тибету.

Располагаясь в центре обширной горной пустыни, Голмуд выглядит весьма современно и купается в зелени платановых аллей. По обочинам улиц здесь тянутся полноводные арыки, куда мощными насосами непрерывно нагнетается вода.

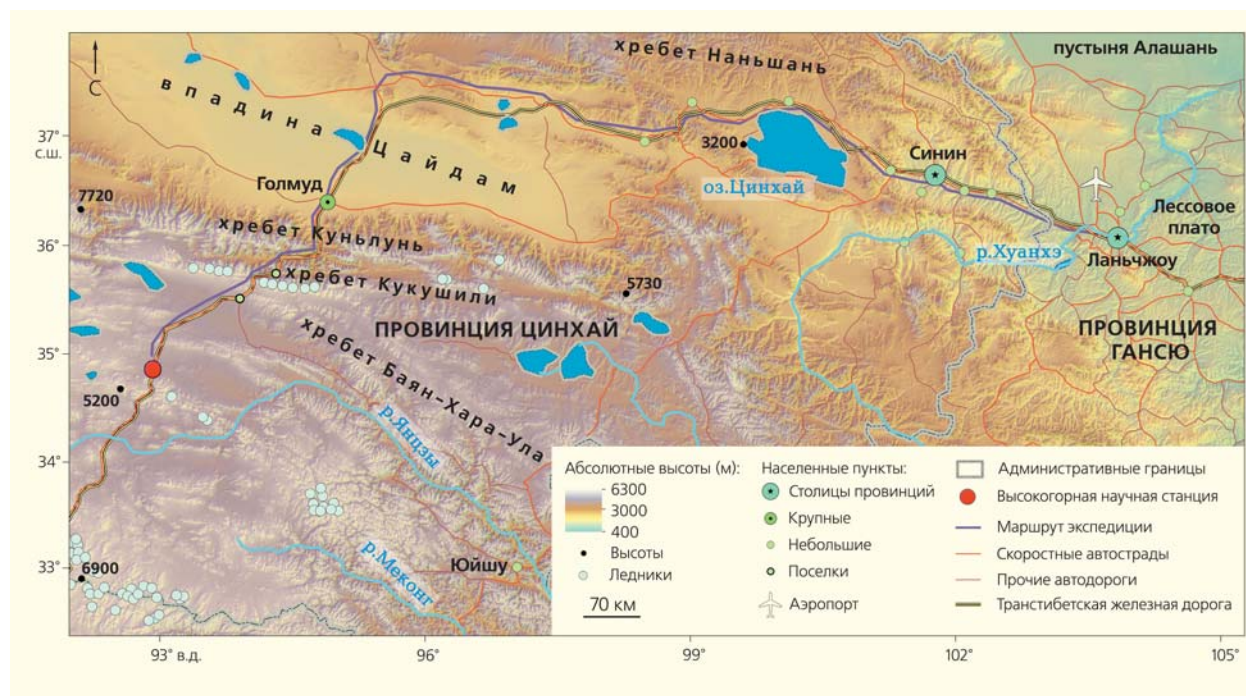
Переночевав в гостинице, мы двинулись в «настоящий» Тибет. Через несколько минут проехали символические «ворота», а спустя еще полчаса оказались в длинной веренице автомобилей, стоящих в очереди на пограничном пропускном пункте. Оказалось, что в Тибет попасть не так просто: въезд иностранцев сюда ограничен. Нас пустили всего на «один день до вечера», забрав при этом заграничные паспорта.



Орошаемые поля рапса на высокогорных равнинах Тибета. Высота 3000 м над ур.м.



А.А.Галанин (слева) и И.И.Христофоров у стелы «Ворота в Тибет» недалеко от г.Голмуда. На заднем плане видны отроги хребта Куньлунь — северной границы Тибета.



Обзорная схема маршрута из Ланьчжоу на Тибетскую научно-исследовательскую станцию.

Вскоре мы достигли хребта Куньлунь. Наша скорость упала, дорога сузилась и начала петлять по горным склонам, периодически пересекая глубокие каньоны с сухим дном. Теперь уже практически исчезла и травянистая растительность. Ландшафт превратился в каменистую горную пустыню. Повсеместно разбросанные камни, скалы и даже песок приобрели красноватый оттенок и напоминали фотографии марсианских пейзажей.

Тибет — страна контрастов

Тибет представляет собой сложное сочетание высокогорных равнин, нагорий и хребтов высотой от 4000 до 7000 м над ур.м. Здесь климат поражает своей контрастностью. На высокогорных равнинах летняя температура днем достигает 30°C, а ночью часто опускается ниже нуля. Зимой все наоборот: ночные температуры опускаются до -30°C, а к полудню иногда достигают положительных значений.

Важная климатическая особенность Тибета — относительно низкое количество осадков и высокое испарение. Периферийные части нагорья получают осадков 500–600 мм/год, а внутренние — лишь 250–300. Основная часть влаги (75–80%) выпадает в середине лета. Распределение осадков крайне неравномерно, оно подчиняется высотной поясности: по мере увеличения абсолютной высоты их количество растет, а испарение уменьшается. Это отчетливо отражается в ландшафтах: на высоте 3500–4500 м на плакорных участках распространены пустыни с островками каменистых степей,

на 4500–5000 м — мозаичные лугостепи, а выше 5000 м — преимущественно альпийские луга.

Отрицательная среднегодовая температура на высотах 4500–4700 м — главное условие существования в Тибете многолетнемерзлых пород. Их пространственное распределение и мощность подчиняются высотной поясности. Выше 4500 м простирается пояс сплошного распространения мерзлоты, мощность которой может превышать 100 м. В интервале 4000–4500 м распространена островная и прерывистая мерзлота мощностью в первые десятки метров. Ниже 4000 м мерзлота носит островной характер, встречается редко и относится к реликтовому типу.



Мозаичные лугостепи — специфические ландшафты, развивающиеся на открытых участках интенсивной дефляции и эоловой аккумуляции.



Дюнные массивы Тибета. Слева — подтопленные продольные дюны, справа — свежая котловина выдувания в закрепленном массиве и дефляционный обрыв.

Снега выпадает исключительно мало (1–2 см), а его покров крайне неравномерен из-за ветрового перераспределения. Большая часть снега выдувается и испаряется, минуя жидкую фазу (сублимируется). В ясные зимние дни, когда наступают положительные температуры, часть снега оттаивает, талые воды просачиваются в грунт, где ночью замерзают и превращаются в конжеляционный лед. Особенно впечатляет огромное количество переходов температуры поверхности через ноль в течение года. Это кардинальным образом ускоряет все процессы криогенного дробления, выветривания, криотурбации, морозного кипения и др. В таких условиях лежащие на поверхности обломки пород должно в буквальном смысле разрываться на части.

Коэффициент увлажнения в Тибете существенно ниже единицы — так же, как в Центральной Якутии или Сахаре. С одной стороны, это способствует формированию засушливых пустынных обстановок. С другой — сплошное распространение многолетнемерзлых пород и мерзлотные водоупоры на отдельных участках приводят к локальному переувлажнению почв на равнинах, формированию в котловинах выдувания множества мелких эфемерных озер.

Несмотря на наличие ледников, речной сток здесь незначительный, флювиальные процессы подавлены, за исключением редких и коротких дождевых паводков. Некоторые внутренние районы настолько засушливы, что превратились в пустыню, а некогда крупные водоемы полностью ис-



Хребет Куньлунь. Ледники сползают прямо в засушливую каменистую пустыню.



Делли — многочисленные борозды временных водотоков на горных склонах — яркая черта аридного типа морфогенеза.

парились или стали мелкими солеными озерами. В непосредственной близости с ними в высоком поясе гор (выше 4500 м) много крупных ультрапресных озер, получающих питание исключительно с ледников.

В целом Тибет — страна невероятных контрастов! Лишенные растительного покрова склоны покрыты многочисленными параллельными ложбинами поверхностного стока — деллями — типичным элементом аридного типа денудации и морфообразования. Они формируются во время внезапных ливней временными водотоками небольшой мощности, которые не могут вынести большое количество наносов и в нижней части склона попросту уходят в грунт или частично испаряются.

В наиболее засушливых районах почвенно-растительный покров отсутствует, ландшафты образованы преимущественно каменистыми пустынями, среди которых встречаются обширные поля дюн и барханов — песчаные моря, или эрги. Непрерывные ветры способствуют интенсивной дефляции. Наиболее интенсивно выдуваются глинистые и суглинистые фракции. Пыль поднимается высоко в атмосферу и выносится за границы нагорья. Песчаные частицы не могут подниматься в воздух, они перемещаются путем сальтации (мелких «прыжков»), группируются в дюны и барханы, медленнодвигающиеся по поверхности тибетских равнин.

На протяжении более чем миллиона лет Тибет представлял собой крупнейшую область аридной денудации [1]. Сотни тысяч тонн пыли ежегодно выносились за его пределы. Поднимаясь выше тропосферы, пыль перемещалась на восток — в направлении, противоположном вращению Земли.

Постепенно она осаждалась вместе с дождевыми осадками, покрывая обширные территории, в том числе Лессовое плато, простирающееся в виде шлейфа к востоку от Тибета и занимающее бассейн Хуанхэ до ее среднего течения.

Китайские лессы, с одной стороны, весьма полезны в практическом отношении, поскольку обладают высочайшей плодородностью при условии их орошения. С другой стороны, лессовые отложения создают серьезные проблемы при строительстве, поскольку подвержены множеству опасных процессов и явлений (дефляции, оползанию, оплыванию, размоканию и разжижению) гораздо сильнее, чем другие типы грунтов. Именно в результате размыва лессов воды великих китайских рек Хуанхэ и Янцзы всегда мутные. Они имеют желто-цементный цвет от переизбытка влекомых наносов.



Лессовая пыль.

«Крыша мира»

С каждым новым перевалом машина забиралась все выше. Давно миновав отметку 4500 м, мы двигались по широкой каменистой степи, обрамленной где-то вдалеке цепочками заснеженных вершин. Исчезли овраги и каньоны, местами посреди степи стали появляться лужи, мелкие округ-

лые озера с плоскими берегами, небольшие извилистые речушки с медленно текущей мутной красноватой водой. Но никаких болот не было! В пределах криолитозоны Якутии и всей Восточной Сибири формируется огромное количество заболоченных участков из-за мерзлотного водопора, залегающего весьма близко к дневной поверхности. Берега термокарстовых сибирских озер, как правило, представляют собой качающуюся трясины.

Вскоре «марсианские» красноватые пейзажи исчезли. Ландшафт окрасился в изумрудно-зеленый цвет альпийских лугов с соломенно-желтыми островками степей. Однако все казалось каким-то неполным, незавершенным. Повсюду были видны разрывы дерна, через которые пестрел все тот же красноватый песчано-щебнистый «марсианский» грунт. Местами незадернованные участки пологих котловин были покрыты влажным наилком и выглядели как днища недавно высохших луж. По-видимому, и здесь кровля мерзлоты залегает весьма близко, поэтому атмосферные воды не просачиваются глубоко и периодически выступают на поверхность. Но, в отличие от Сибири, в Тибете это не приводит к обширному заболачиванию. Местами появлялись каменистые пятна, напоминающие мерзлотные пятна-медальоны, небольшие изометричные бугры с треснувшими макушками. Тем не менее все это было крайне непохоже на мерзлотные формы и явления, привычные для нас в Якутии. Совершенно не попадались ледово-грунтовые полигоны, широко распространенные в Сибири. Отсутствовали также какие-либо курумпоподобные образования. Размеры самых больших обломков на поверхности не превышали 15–20 см.

Асфальтовая автострада местами изобилвала ямами, рытинами и трещинами и этим сильно напоминала автострады Якутии. Наша скорость упала до 30–40 км/ч. «Это мерзлотные процессы разрушают дорогу», — пояснил Чжан.

На расстоянии 200–300 м от нас тянулась Транстибетская же-



Транстибетская железная дорога. Ее невероятно сложный в инженерно-техническом отношении 900-километровый участок проходит на высоте более 4500 м над ур.м., пересекая глубокие ущелья и каньоны, пояса современного горного оледенения и обширные территории сплошного распространения мерзлоты.

лезнодорожная магистраль. Она, как будто не замечая меняющегося рельефа, ландшафта и климата, убегала вдаль. Здесь, на самом высоком участке Тибетского нагорья, значительная часть этого грандиозного инженерного сооружения возведена на железобетонных опорах, каждая из которых, в свою очередь, установлена на четырех покоящихся в мерзлоте сваях.

Погода резко изменилась, над «крышей мира» неслись плотные гурты облаков, из которых временами мелко моросил дождь. Похолодало. Дорога снова поползла на перевал. Наконец на одиноком куполообразном холме показалась небольшая группа синих одноэтажных строений с красными крышами. Мы сразу поняли, что это и есть научно-исследовательская станция. Приблизился закат, нас уже здесь ждали.

Тукуланы Тибета — невероятно, но факт!

Изучение криогенно-эоловых процессов Тибета не только представляет фундаментальную задачу, но и вызывает сугубо практический интерес, поскольку, например, некоторые песчаные массивы формируются и двигаются настолько быстро, что могут угрожать дорогам. Однако самым распространенным и опасным инженерно-геологическим процессом здесь стоит считать дефляцию, охватывающую обширные участки равнинного и горного рельефа Тибета. Дело в том, что опасна не столько сама дефляция, сколько то, что сдувание почвы и поверхностных отложений приводит к обнажению высокольдистых многолетнемерзлых пород и массивных грунтовых льдов. Они начинают интенсивно деградировать, что приводит к катастрофическому площадному термокарсту. А на участках строительства, где происходит частичное или полное нарушение почвенно-растительного слоя, процессы дефляции и термокарста особенно активизируются.

Логично предположить, что прежде всего необходимо бороться с дефляцией, которая вызывает деградацию мерзлоты. Но как это делать? Пытаться закреплять ландшафт путем простого высаживания растений здесь бессмысленно. Для деревьев и кустарников слишком холодно и сухо, почва каменисто-щебнистая, и растения приживаются с трудом. Везти почвогрунт издалека — дело крайне затратное, а кроме того, его мгновенно сдует ветром. Следовательно, нужно каким-то образом снизить воздействие ветра.

Необходимо замедлить процессы дефляции, а еще лучше — создать условия эоловой аккумуляции. Тогда теоретически должно начаться естественное накопление тонкодисперсных отложений. Мудрые китайцы с легкостью и без особых затрат решили эту проблему. Вдоль самых сложных участков железных и автомобильных дорог Тибета они возвели целые системы специальных легких сетчатых ограждений высотой до 1 м, ориентированных поперек господствующих ветров. В результате скорость приземного ветра существенно снизилась, и на поверхности началось интенсивное накопление песка. В миниатюре это выглядит, как если меховую шкуру положить на землю. Между ворсинками обязательно начнет застревать песок.

Прием оказался настолько эффективен, что на протяжении 2–3 лет на участках, защищенных от дефляции, местами аккумулировался слой дюнного песка толщиной более метра. Заключительной фазой таких мероприятий обычно становится биологическая рекультивация рукотворных эоловых ландшафтов.

Само по себе явление дюнных образований в холодных регионах со сплошным распространением мерзлоты не стоит считать чем-то необычным. Например, на Марсе, несмотря на то что ночные температуры воздуха опускаются ниже -150°C и значительная часть литосферы находится в мерзлом состоянии, 90% поверхности покрыто эоловой пылью, а площадь дюнных массивов превышает 600 тыс. км² [2, 3].

Современные и позднечетвертичные дюнные массивы (тукуланы) весьма широко распространены в Якутии и Восточной Сибири, в областях, расположенных в крайне холодном климате в пределах криолитозоны сплошного типа. В сущности, это один из вариантов холодных песчаных пустынь, занимающих обширные пространства Центральной Якутии в бассейне среднего течения Лены



Дефляционно-термокарстовые котловины — типичное явление на высокогорных равнинах Тибетского плато.



Системы противодефляционной защиты вдоль Транстибетской железной дороги на высоте 4800 м: сетчатые ограждения для захвата золотого песка и формирования искусственных дюнных массивов (вверху) и их биологическая рекультивация.



Сетчатые системы защиты от дефляции на высокогорном участке Транстибетской железной дороги.

Спутниковый снимок WorldVeiv

и Вилюя. Еще более крупные районы дюнообразования охватывали не только Восточную, но и Западную Сибирь, а также Европу и Канаду во время последнего термического минимума (18–20 тыс. лет назад), именуемого сартанским криохроном. В то время одновременно с песчаными дюнными массивами на заболоченных пространствах формировалась вторая ключевая формация криолитозоны — ледово-лессовые отложения с массивными полигонально-жильными льдами.

В современных ландшафтах Тибета мы можем в реальности наблюдать аналогичные процессы формирования рельефа, рыхлых отложений и криолитозоны. Возможно, Тибет может стать дополнительным ключом для понимания механизмов и условий формирования сибирских мерзлотных ландшафтов.

Длительное время исследователи ледникового периода Сибири полагали, что по мере плейстоценовых похолоданий лесная растительность сменялась лесотундрой, затем кустарниковой тундрой и наконец — бедными арктическими травянисто-лишайниковыми тундрами. При дальнейшем похолодании тундры сменялись каменистыми пустошами, покрывались многочисленными снежниками и ледниками. При потеплении все происходило в обратном порядке. Такие представления основывались на учении о географической зональности и высотной поясности.

Наблюдая пространственную структуру современных ландшафтов Восточной Сибири, трудно представить, что в процессе похолодания листовидная тайга может смениться не болотистой тундрой, а степью, тем более дюнными пустынями. Поэтому длительное время считалось, что обширные дюнные массивы пустыни не были свойственны ландшафтам Якутии во время плейстоценовой ледниковой эпохи.



Песчаные массивы в ветровой тени на горных склонах.

В действительности же криогенно-эоловые образования Якутии (тукуланы) — это откровенное свидетельство холодного и ультрааридного климата, господствовавшего на территории региона в позднем плейстоцене. Они напоминают нам о сложной мозаике холодных ультраконтинентальных песчаных пустынь и мамонтовых криостепей, распространившихся на обширных пространствах Восточной Сибири во время ледникового периода.

Подвижные дюнные массивы Тибета очень схожи с якутскими тукуланами. Как и в Якутии, в тибетских песчаных массивах происходят различные криогенные процессы — промерзание, формирование наледей. Различные типы грунтовых вод «тибетских тукуланов» также разгружаются в виде межмерзлотных источников, т.е. имеют некоторое сходство в гидрогеологическом строении.

Однако есть и существенные отличия тибетской криолитозоны от якутской, а именно то, что здесь вместе с высокольдистыми многолетнемерзлыми грунтами и дюнными массивами распространены крупные современные ледники. При этом на некоторых участках края ледников находятся в окружении активных дюнных массивов. Парадоксально, но в действительности оказывается, что ледники и песчаные пустыни могут сосуществовать и развиваться одновременно в одинаковых климатических условиях!

В то же время в пределах криолитозоны Тибета крайне незначительно распространены отложения ледово-лессовой формации с повторно-жильными льдами, столь широко развитые в Якутии и Восточной Сибири. Почему? Ответы на эти и множество других вопросов, вероятно, могут быть получены в рамках совместных исследований по теме нашего проекта.

Тибет — прародина мамонтового биома

Как известно, ландшафтно-климатические условия Восточной Сибири еще совсем недавно кардинальным образом отличались от современных. Об этом ярко свидетельствуют многочисленные находки вымерших животных — бизонов, мамонтов, шерстистых носорогов, сайгаков, диких лошадей, быков, верблюдов, пещерных медведей, львов, саблезубых кошек и др. В несравненно более жестких условиях ледникового периода они прекрасно существовали и достигали высокой численности. Так почему же они вымерли в современном климате? Однозначного ответа на этот вопрос нет. Но можно с уверенностью сказать, что ледниковые ландшафты Восточной Сибири были гораздо более продуктивными и разнообразными, чем сегодняшние, раз могли поддерживать значительную численность и высокое видовое разнообразие крупных травоядных мамонтового биома. Поэтому, когда речь идет о масштабном вымирании, следует говорить об исчезновении не списка видов, а целой экосистемы, кардинально непохожей на современную.

Как выглядела эта вымершая экосистема мамонтовой степи, можно только предполагать. Эволюционируя внутри экосистем, животные адаптируются к их климатическим условиям, кормовой базе, сезонам года, особенностям погоды, рельефу, ландшафтам. Как известно, высокое разнообразие травоядных копытных возникает на широких открытых пространствах саванн, степей и полупустынь, где преобладают травянистые растения. В таких ландшафтах стратегически важна способность передвижения на большие расстояния от пастбища к пастбищу.



Стадо тибетских яков на высокогорном пастбище. Большое морфологическое сходство внешнего облика современных животных с представителями вымершего мамонтового биома обусловлено длительной адаптацией к условиям холодной степи.

В условиях криостепей на особенности эволюции накладываются крайне низкие температуры. Для лучшего сохранения тепла увеличиваются размеры тела животных, растет густота и длина шерсти, она становится трубчатой, для ускорения кровообращения уменьшается длина конечностей. Все эти и многие другие адаптационные признаки наблюдались у травоядных мамонтового биома, вымерших на территории Сибири около 8–12 тыс. лет назад. Эти эволюционные приспособления и сейчас были бы весьма выигрышными в условиях ультрахолодного климата Якутии и Восточной Сибири. Но мамонты и бизоны все же вымерли. Тем не менее многие их современники населяют холодные степи



Дикие ослы, именуемые также онагами или куланами, — наиболее распространенные копытные на высокогорных равнинах Тибетского плато.

и полупустыни современного Тибета, прекрасно себя чувствуют и совершенно не собираются вымирать! В чем же причина? Не означает ли это, что по ландшафтно-климатическим условиям Якутия во времена мамонтового биома была в чем-то сходна с современным Тибетом?

Растительный и животный мир современного Тибета удивителен и неповторим. Среди пестрой мозаики альпийских лугов и горных степей разгуливают обросшие густой и длинной шерстью тибетские яки — предки современных коров, лошади Пржевальского и множество разновидностей диких ослов различных размеров и окраски — онагры, куланы и кианги. Какая-то из этих разновидностей (а может, все вместе) стала прототипом современной одомашненной лошади. Не менее экстравагантно вписаны в ландшафты холодной тибетской степи дикие двугорбые верблюды (хаптагаи), низкорослые антилопы оронго с длинными саблевидными рогами, дикие овцы, горные козлы и бараны, джейраны и многие другие травоядные, еще недавно населявшие обширные пространства плейстоценовых криостепей Северной Евразии.

Среди эндемичных хищников можно отметить ирбиса (снежного леопарда), красного и тибетского волков, гималайского медведя, тибетскую лису и др. Здесь обитает множество животных, в названии которых используется слово «тибетский». Это означает, что данные виды нигде больше не встречаются. Есть здесь и малоизвестные животные весьма необычного облика. Например, такины, практически неизвестные европейцам и описанные зоологами лишь в начале прошлого века.

Многие из перечисленных травоядных по степени адаптации вполне сходны с представителями мамонтового биома — обитателями холодных криостепей. Наиболее холодостойкое крупное травоядное — дикий як, нередко забирающийся на высоты до 6000 м над ур.м. Это животное в чем-то сходно с овцебыком и имеет множество адаптаций к крайне низким температурам и разреженной атмосфере.

Все это заставляет задуматься, почему именно здесь, в Тибете, наблюдается такое разнообразие столь специфической криостепной фауны крупных травоядных? У современных палеонтологов на этот счет уже имеются некоторые соображения. Дело в том, что около 10 млн лет назад, в конце миоценовой эпохи, Тибет начал изолироваться от окружающей территории в результате непрерывного тектонического подъема [4, 5]. Причиной воздымания стала тектоническая коллизия — столкновение крупнейших плит земной коры — Китайской платформы и «приплывшего» с юга Индийского субконтинента. Подъем Тибета продолжается и сегодня.

Недавние уникальные палеонтологические находки остатков шерстистых носорогов на юго-западе Тибета на высоте 4200 м свидетельствуют о том, что первые представители плейстоценового мамонтового биома появились в плиоцене, около 7 млн лет назад [6]. И произошло это именно на территории Тибета, причем задолго до начала глобального похолодания и наступления четвертичной ледниковой эпохи. Об этом также свидетельствуют современные исследования ДНК шерстистого мамонта, которые показали его наиболее вероятное родство с индийским, а не с африканским слонем. Предки индийских слонов также населяли территорию современного Тибета в миоцене.

Таким образом, в конце миоцена на территории современного Тибета обитали исключительно тропические животные, сходные с современными обитателями Индии: слоны, носороги, буйволы, антилопы, львы, тигры. Природа той эпохи кардинально отличалась от современной и в глобальном масштабе. Материковые ледники отсутствовали, а климат был настолько мягким и теплым, что природные зоны практически не выделялись. Субтропические леса и саванны достигали полярных районов.

В плиоцене тектонический подъем Тибета активизировался, горные хребты начали расти со скоростью до 25 м за 100 лет [5]. Подъем территории сопровождался настолько незаметными климатическими изменениями, что животные успевали к ним приспособливаться. В конце концов Тибет превратился в высочайшее нагорье, а его отдельные хребты достигли хионосферы и стали покрываться ледниками. Приспосабливаясь к новым ландшафтно-климатическим условиям, обитатели нагорья менялись генетически и превращались в другие виды. Они уже не могли спустить-



Антилопы оронго (чиру) на высотах около 5000 м над ур.м.

ся вниз в окружающие тропики, поэтому оказались полностью отрезанными от внешнего мира.

В плейстоцене началось глобальное похолодание, оледенение и иссушение климата, ландшафты дифференцировались на природные зоны, к северу от Тибета возник циркумполярный пояс лесостепей, криостепей и полупустынь, ландшафтно-климатические условия которых стали во многом сходными с тибетскими. Для многих обитателей нагорья новые природные условия оказались благоприятными, поэтому они вышли за его пределы, распространились по всей Северной Азии и даже проникли в Америку через Берингийский сухопутный мост.

Таким образом, прародиной мамонтовой фауны, многочисленные остатки которой постоянно обнаруживаются в Якутии и Восточной Сибири, можно считать высокогорья Тибета [6, 7]. Впрочем, Тибет и Северо-Западный Китай считаются родиной не только представителей фауны, но и многих видов растений, например кедрового стланика, широко распространенного в современной флоре Сибири.

Тибетская высокогорная станция

Мы достигли основного пункта назначения — Тибетской высокогорной станции СЗИЭПР, расположенной на высоте 4700 м над ур.м. Здесь нас встретил Цинбай Ву в окружении дюжины своих учеников. Они проводят здесь ежегодные исследования на экспериментальных площадках, хорошо оборудованных современной автоматической аппаратурой.

Станция просторна и очень уютна, по крайней мере, в летнее время. Внутри протягивается длинный широкий коридор. Одна из его стен, обращенная на юго-восток, полностью остеклена. С противоположной стороны располагается десяток просторных комнат, одну из которых отвели для нас.



Тибетская высокогорная научно-исследовательская станция СЗИЭПР. Это область сплошного распространения многолетнемерзлых пород. Их мощность здесь варьирует от 70 до 300 м, а льдистость грунтов достигает 50%.

После ужина все обитатели станции расселись у панорамной стены, и началось обсуждение планов предстоящих исследований. На закате солнца мы пили чай с арбузами и наблюдали за цепоч-

ка нашему новому проекту и, возможно, ответы на множество вопросов о происхождении криолитозоны, палеогеографии ледниковой эпохи и загадочном вымирании мамонтов. ■

Работа выполнена при поддержке гранта SAFEA (State Administration of Foreign Experts Affairs; проект GDT20176200053).

Литература / References

1. Wang X., Luvlie R., Chen Y. *et al.* The Matuyama-Brunhes polarity reversal in four Chinese loess records: high-fidelity recording of geomagnetic field behavior or a less than reliable chronostratigraphic marker? *Quaternary Science Reviews*. 2014; 101: 61–76.
2. Lancaster N., Greeley R. Sediment volume in the North Polar Sand Seas of Mars. *Journal of Geophysical Research. Solid Earth and Planets*. 1990; 95: 921–927.
3. Silvestro S., Fenton L.K., Michaels T.I. *et al.* Interpretation of the complex dune morphology on Mars: dune activity, modelling and a terrestrial analogue. *Earth Surface Processes and Landforms*. 2013; 37: 1424–1436. Doi:10.1002/esp.3286.
4. Xu Z., Yang J., Li H. *et al.* On the tectonics of the India-Asia collision. *Acta Geologica Sinica*. 2011; 85(1): 1–33.
5. Dai S., Dai W., Zhao Z. *et al.* Timing, displacement and growth pattern of the Altyn Tagh Fault: a review. *Acta Geologica Sinica*. 2017; 91(2): 669–687.
6. Deng T., Wang X., Fortelius M. *et al.* Out of Tibet: Pliocene woolly rhino suggests high-plateau origin of Ice Age megaherbivores. *Science*. 2011; 333: 1285–1288. Doi:10.1126/science.1206594.
7. Tibetan Plateau: new cradle of the ice age giants. National Science Foundation. 2011. News Release. 179 (<https://www.nsf.gov/news/>).

Russian Permafrost Scientists on the “Roof of the World”

A.A.Galanin

Melnikov Permafrost Institute, Siberian Branch of RAS (Yakutsk, Russia)

This article presents an essay of the nature of the Tibetan Plateau, which is based on the author's impressions of a scientific trip to the Northwest Institute of Ecology and Natural Resources of the People's Republic of China in Lanzhou and an expedition to a High-altitude scientific research station in the Tibet-Qinghai Highlands. Here at an altitudes of more than 4500 meters, Chinese engineers constructed a real technical miracle of the 21st century — the Trans-Tibet Railway that spreads for more than a thousand kilometers and is surrounded by glaciers, permafrost, mountain steppes, and cold stony deserts. The essay focused on the most outstanding features of the Tibetan cryolithozone and landscapes, which are formed during intensive interaction of cryogenic and aeolian processes in cold and extra-arid conditions. The author intends that many features of modern Tibetan landscapes and relief formation environments are similar to the paleoclimatic conditions of the Ice Age of Eastern Siberia.

Keywords: Tibet, permafrost, high-mountain deserts, deflation, yedoma, loess, paleogeography of Quarter, Lanzhou, Trans-Tibet Railway

Ящерица Щербака — вымирающий эндемик России

И.В.Доронин¹, Б.С.Туниев²

¹Зоологический институт РАН (Санкт-Петербург, Россия)

²Сочинский национальный парк (Сочи, Россия)

В статье изложена история изучения ящерицы Щербака (*Darevskia szczyrbaki*) и сведения о биологии этого узкоареального эндемика России. Вид занесен в Красную книгу Краснодарского края и рекомендован для включения в Красную книгу России. Основная причина его вымирания — застройка прибрежных обрывов. Особое опасение вызывает состояние популяции скальной ящерицы на типовой территории (г.Анапа). Для сохранения вида необходимо оптимизировать границы заповедника «Утриш» и организовать новые особо охраняемые природные территории в Анапе, на отрезке побережья между Геленджиком и Туапсе, а также запретить отлов ящериц.

Ключевые слова: ящерица Щербака, *Darevskia szczyrbaki*, Кавказ, охрана, Красная книга.

Прожаренный береговой обрыв Абрауского п-ова кажется лишенным жизни, что неудивительно: прогуливаясь в обеденный час вдоль моря, ощущаешь себя словно в духовке, нагретой солнечными лучами. Тишину нарушают только беспокойные крики чаек да шум черноморского прибоя. Но вдруг замечаешь едва уловимое движение — миниатюрный камнепад выдает присутствие ящерицы Щербака (*Darevskia szczyrbaki*). Этот узкоареальный эндемик России относится к роду *Darevskia*, который испанским ученым Оскаром Аррибасом назван в честь выдающегося российского герпетолога Ильи Сергеевича Даревского (1924–2009), открывшего партеногенез* у наземных позвоночных животных — нескольких видов скальных ящериц. К слову сказать, долгое время Илья Сергеевич плодотворно сотрудничал с редакцией «Природы», опубликовав на страницах журнала 19 небольших заметок и статей, в том числе и «Замечательные скальные ящерицы» [1].

В 1980-е годы журнал «Природа» выпустил серию публикаций «Красная книга» о редких видах



Игорь Владимирович Доронин, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник Зоологического института РАН (Санкт-Петербург). Область научных интересов — герпетофауна Кавказа (систематика, зоогеография, охрана) и сопредельной территории, история науки.

e-mail: ivdoronin@mail.ru



Борис Сакоевич Туниев, доктор биологических наук, заслуженный эколог Российской Федерации, заместитель директора по научно-исследовательской работе Сочинского национального парка. Занимается изучением герпетофауны Передней Азии (систематика, экология, зоогеография, охрана).

e-mail: btuniev@mail.ru

животных СССР. Хорошо запомнилось название одной из них — «Малоазиатская ящерица исчезает из фауны СССР» [2]. Нашу статью можно было бы озаглавить аналогично — «Ящерица Щербака исчезает из фауны России».

История описания скальной ящерицы с малиновым брюшком

Этот вид открыт в 1963 г. герпетологом Галиной Пантелеймоновной Лукиной (1930–2015), курировавшей практики студентов Ростовского университета в районе Анапы летом 1961–1962 гг. [3].

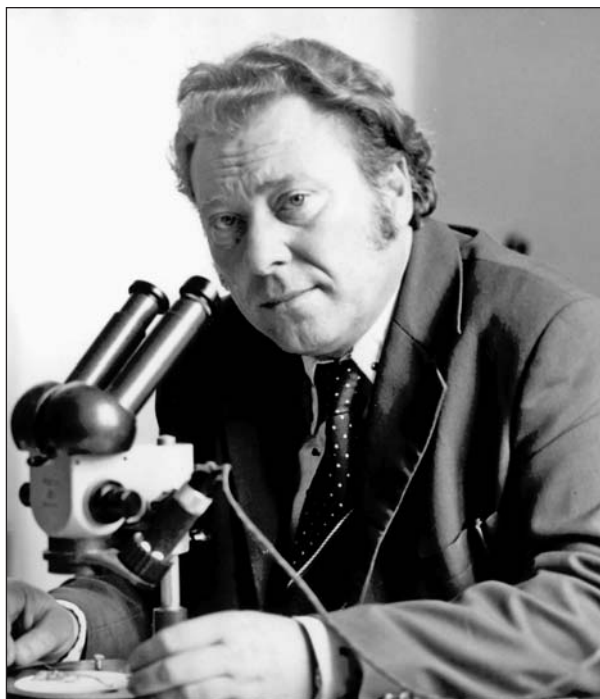
* Партеногенез (от греч. *παρθενος* — дева, девица, девушка и *γενεσις* — возникновение, зарождение) — одна из форм полового размножения организмов, при которой женские половые клетки развиваются во взрослый организм без оплодотворения.



Галина Пантелеймоновна Лукина.

Сравнив собственную значительную выборку этих рептилий — 104 особи — с описанными в литературе таксонами скальных ящериц, она пришла к выводу о самостоятельности анапской популяции [4]. Помимо выраженных особенностей шиткования тела (признаков, по которым специалисты-герпетологи распознают виды) ящерица Щербака выделяется среди других представителей рода окраской и рисунком тела: основной фон верхней стороны туловища самцов и самок синевато-серый, оливково-серый, темно-песочный или пепельно-серый, при этом самцы в летний период становятся зелеными. Рисунок выражен слабо, он как бы затерт ластиком. Брюхо самцов палевое или бледно-малиновое (в брачный период), у самок — палевое или нежно-розовое; летом бедренные поры, анальная область и основание хвоста самцов становятся оранжевыми.

На своеобразную окраску брюха ящериц обратил особое внимание И.С.Даревский [5]. По его мнению, окрашивание в малиновый цвет происходит у ящериц из-за преобладания в их рационе морских рачков-бокоплавов рода *Orbestia*, которых они добывают среди выброшенных на берег водорослей, иногда у самого уреза воды. Такое явление получило название «пищевой эритроизм» и известно, например, у розового фламинго — вызывающая всеобщее восхищение птица также лакомится солоновато-водными рачками, содержащими природный розовый краситель (пигмент) из группы каротиноидов. Лишенные своего привычного корма, птицы и ящерицы быстро «выцветают», теряя яркую природную окраску.



Николай Николаевич Щербак.

Галина Пантелеймоновна рассказывала, что первоначально планировала назвать новый подвид в честь Ильи Сергеевича Даревского. Однако к моменту опубликования ею открытия в 1962 г. известный киевский зоолог Николай Николаевич Щербак (1927–1998) успел преокупировать это название, описав по своим сборам из района адыгейского поселка Каменноостовского (Ходжоха) подвид *Lacerta saxicola darevskii*. Не растерявшись, Лукина назвала свою ящерицу в честь Щербака. «Этим я хотела поддержать киевского коллегу, узнав, что студентом он был репрессирован», — поделилась она однажды.

Необходимо упомянуть, что Щербак и Даревский составляли тандем ведущих герпетологов страны. По иронии судьбы таксон, описанный Щербаком, был сведен в синонимы, тогда как подвид Лукиной возведен в категорию вида. Теперь в названии ящерицы встретились два соратника — Даревский (родовое название) и Щербак (видовой эпитет).

Систематическое положение обитательницы прибрежных скал

Как уже упоминалось, ящерица Щербака обитает на узкой полосе берегового обрыва (клифа*), реже — проникает в ущелья небольших ручьев (как на хребте Навагир), и совсем редко ее можно

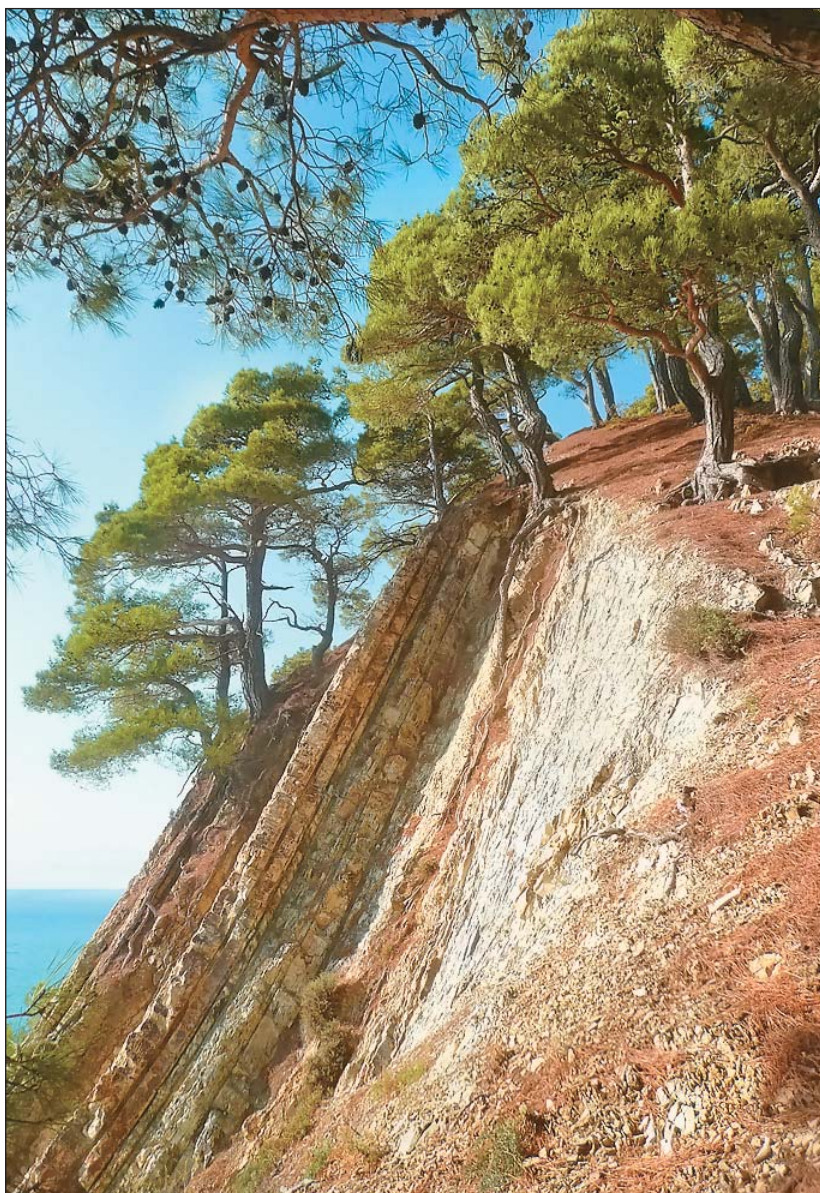
* Клиф (англ. cliff) — отвесный абразионный обрыв, образовавшийся в результате разрушения высокого коренного берега действием прибоя; постепенно отступает в сторону суши.

встретить в дубравах, произрастающих на гребне хребта. Предпочитает селиться вблизи выклинивающихся из скал родников. В летнее время подобные места «водопоя» становятся пространственным ядром популяции; в зимний период таковым можно считать глубокие щели в скалах, где проходят коллективные зимовки. Встречается эта ящерица и на покрытых средиземноморской растительностью участках побережий, реже — по осыпям и склонам дорог в грабняках и грабниковых шибляках*.

Долгое время считалось, что ареал ящерицы Щербака ограничивается только Абрауским п-овом (от г. Анапы до оз. Лиманчик в районе Абрау-Дюрсо), хотя соответствующие условия имеются и юго-восточнее, вплоть до Туапсе. Примечательна запись в полевом дневнике Даревского, пытавшегося найти этих ящериц за Новороссийском в мае 1964 г.: «места подходящие, но ящериц почему-то нет». Новые популяции *D. szczerbaki* были обнаружены только 40 лет спустя [6], что объясняется недостаточной изученностью территории. Сейчас известно 13 локалитетов**, где обитает этот вид. Согласно административному делению, все они располагаются в пределах Краснодарского края (на терри-

* Грабняки — лиственные или смешанные лесные массивы с преобладанием граба, распространены в странах Центральной и Восточной Европы; в России и СНГ такие леса есть на Кавказе, в Крыму. Шибляк — тип средиземноморской растительности, состоящей из листопадных, часто засухоустойчивых кустарников и низкорослых деревьев высотой около 3–4 м. Распространен в странах северного Средиземноморья — на юге Франции, на Балканах, а также в горном Крыму и на Кавказе.

** Локалитет — термин в категориях и критериях Красного списка Международного союза охраны природы, означающий географически или экологически четко ограниченную область, в которой одно угрожаемое событие может быстро затронуть всех особей данного таксона.



Вымирающий эндемик России ящерица Щербака (*Darevskia szczerbaki*) и приморский обрыв (клиф) — место ее обитания на территории Краснодарского края.



Карта прогнозируемой области географического распространения ящерицы Щербака на Кавказе, построенная с применением программы Maxent 3.3.3k. Области с заливками — территории, с разной вероятностью обнаружения вида: красным показана очень высокая вероятность, оранжевым — высокая, желтым — средняя, светло-зеленым — низкая; белые точки — места находок особей *D. szczerbaki* [7].

тории городов Анапы, Геленджика, Новороссийска и Туапсинского р-на). В России нет другого региона, имеющего свой эндемичный вид ящерицы.

Ящерица Щербака — один из первых представителей отечественной герпетофауны, чей ареал был изучен (точнее, моделирован) с применением геоинформационных систем (ГИС) [7]. Нами показано, что территории, подходящие по климатичес-

ков *D. saxicola* канадский герпетолог Росс Маккалох с соавторами [8] пришли к выводу о видовом статусе скальной ящерицы (*D. saxicola*) и ящерицы Браунера (*D. brauneri*). *D. brauneri* включала три подвида — *D. b. brauneri*, *D. b. darevskii* и *D. b. szczerbaki*, причем выборки по ящерице Браунера и ящерице Даревского продемонстрировали их минимальные генетические различия, а у популяции ящерицы Щербака были выявлены уникальные наборы аллелей.

Впервые о видовой самостоятельности ящерицы Щербака было сказано в докладе Туниевых в 2009 г. на IV съезде Герпетологического общества имени А.М.Никольского при РАН. Позже те же авторы собрали и опубликовали новый обширный материал, благодаря чему за ящерицей Щербака утвердился видовой статус [9]. Дополняющие сведения, получены при изучении выборки скальных ящериц с мыса Идокопас. Здесь совместно обитают ящерицы Щербака и Браунера, при этом их четко дифференцировали как в полевых условиях (по внешнему виду, или габитуально), так и при ка-



Самцы *D. szczerbaki* (слева) и *D. brauneri* (справа), пойманные на мысе Идокопас. Из коллекции Зоологического института РАН.

* Аллозимы — альтернативные формы фермента, кодируемые разными аллелями одного и того же гена.

меральном исследовании морфологических признаков (особенностей морфометрии и чешуйчатого покрова — фолидоза). При проведении молекулярно-генетических исследований с использованием цитохрома *b* наши диагнозы, основанные на данных морфологии, в точности подтвердились: сиквенсы ящериц разошлись по разнымкладам на филогенетических деревьях. Полученные результаты также противоречили подвидовому статусу симпатрических и синтопических (обитающих в одном биотопе) форм, и за ящерицей Щербака аргументировано был закреплен статус самостоятельного вида [10].

Причины исчезновения вида и шанс на сохранение

Естественных врагов у ящерицы Щербака немного — ведь многометровые скальные обрывы практически неприступны. Нам достоверно известны случаи успешной охоты на нее обыкновенной пустельги (*Falco tinnunculus*) и оливкового полоза (*Platyceps najadum*). Последний — консумент третьего порядка (если использовать экологические термины), на описываемой территории зачастую специализируется на охоте за скальными ящерицами, т.е. его можно назвать заурофагом. Из природных лимитирующих факторов следует назвать гибель значительного числа особей *D.szczerbaki* во время зимовок, что характерно для многих видов рода *Darevskia*.

Почему же современное состояние популяции этой скальной ящерицы вызывает тревогу? Вина отнюдь не на оливковом полозе, который сам стал вымирающим видом; причина исчезновения *D.b.szczerbaki* — в глобальном, катастрофическом обеднении биосферы, в интенсивном антропогенном воздействии, а в нашем случае — в рекреационном освоении Черноморского побережья Кавказа. Современный период можно назвать «третьей волной», смывающей природные сообщества этой уникальной территории. Первая, не столь катастрофическая, прокатилась еще в конце XIX — начале XX в.; ярким свидетельством тому служит осушение болот Колхидской низменности, прокладка на побережье железной дороги и автомобильной, известной как «голодное шоссе». Вторая губительная «волна» связана с масштабным послевоенным развитием советского санаторно-курортного комплекса, третья накатывается на наших глазах — тут нельзя не упомянуть возведение олимпийских объектов на территории Сочи. Возможно, именно «третий вал» нанес или еще нанесет самый непоправимый урон природе Западного Кавказа.

Ящерица Щербака занесена в Красную книгу Краснодарского края с категорией 2 ИС — «Исчезающие» [11]. Для планируемого нового издания Красной книги России был подготовлен список таксонов, подлежащих охране. Согласно этому до-

кументу, статус угроз для выживания вида *D.szczerbaki* по критериям МСОП — EN B2ab(ii,iii,iv,v); C2a(i) — исчезающий в связи с очень ограниченным ареалом (менее 10 км²) и значительной его фрагментированностью. Кроме того, на основании натурных наблюдений и прогнозов установлено, что продолжается сокращение области распространения вида (наряду с ухудшением качества среды его обитания), а также снижается количество локалитетов и количество половозрелых особей в них. По нашим оценкам, численность каждой из этих популяций на данный момент не превышает 250 особей, причем установлено, что не существует самовоспроизводящихся групп, состоящих из 50 или более животных. Статус *D.szczerbaki* по критериям Красной книги Российской Федерации — 2 (сокращающиеся в численности и/или распространении). Необходимо подчеркнуть: речь идет об узкоареальном реликтовом, сокращающемся в численности эндемике России. Возрастающее рекреационное освоение прибрежной полосы Черноморского побережья делает его крайне уязвимым. В Красной книге России будут предложены следующие меры по его сохранению: оптимизация территории заповедника «Утриш», организация новых особо охраняемых природных территорий (ООПТ) на отрезке побережья между Геленджиком и Туапсе, запрет отлова и торговли ящерицами.

При разработке мер охраны флоры и фауны особое внимание должно быть уделено популяциям на типовых территориях, т.е. представленных топотипами. В этом плане серьезное опасение вызывает состояние *D.szczerbaki* на территории Анапы. Уже в ближайшее время здесь необходима организация ООПТ. Наиболее действенное решение — включение в состав заповедника «Утриш» горы Лысой над с.Варваровкой, где помимо ящерицы Щербака обитают другие редкие виды, встречаются самые северные рощи сосны пинцундской (*Pinus brutia pityusa*). Тотальная застройка побережья Анапы, уничтожающая весь природный комплекс, загрязнение пляжей бытовыми отходами могут в ближайшее десятилетие привести к вымиранию ящерицы Щербака в районе Высокого берега (морской склон горы Лысая), где вид был описан впервые. По нашим данным, в августе 2009 г. его единичные представители встречались на обрывах за Анапским мысом; в августе 2016 г. ящериц тут найти не удалось. При этом, по данным Лукиной, в 1962 г. на километровом маршруте встречалось до 40 ящериц. Представленные фотографии говорят сами за себя. Аналогичная ситуация сложилась и в районе озера Малый Лиман (Лиманчик): здесь ковш экскаватора не вгрызается в скалы, но его с лихвой заменяют любители «дикого» отдыха, которые отлавливают ящериц, вносят в жизнь животных постоянный фактор стресса, уничтожают растительность и замусоривают побережье. В 2015–2017 гг. ящерица Щербака не обнаружена нами на морском клифе



Рекреационное освоение и загрязнение бытовыми отходами береговых обрывов и побережья на территории Анапы влекут за собой вымирание популяции ящерицы Щербака.

между мысами Большой и Малый Утриш, в 2018 г. не найдена она и на клифе бухты Инал...

Положение ящерицы Щербака усугубляется ее неспособностью к синантропизации, в отличие от ближайших родственников — ящериц Браунера и Линдгольма, успешно освоивших стены зданий, постаменты памятников и т.п. В г.Туапсе мы наблюдали за группой *D.brauneri*, облюбовавших каменный забор во дворе многоквартирного дома: ящерицы частенько охотились за насекомыми в его подъездах, в вечернее время подбирали упав-

не разработаны методы введения скальных ящериц в зоокультуру с целью дальнейшей реинтродукции редких и исчезающих таксонов в природу. Однако, даже если будут сформированы искусственные самовоспроизводящиеся группы этого вида, создание ООПТ и путь абсолютного заповедования — это, по нашему глубокому убеждению, единственный по-настоящему действенный способ охраны природного достояния, в том числе и удивительных скальных ящериц, носящих имена двух выдающихся зоологов. ■

ших бабочек и жуков у включенного фонаря уличного освещения. *D.szczerbaki* же никогда не заселяет антропогенно преобразованные ландшафты.

Как и многие узкоареальные виды рептилий, ящерица Щербака стала объектом незаконной торговли; основные потребители этой кавказской экзотики — террариумисты Европы. В Интернете вы без труда найдете объявления о продаже таких отловленных в дикой природе животных, как средиземноморская черепаха, кавказская гадюка, скальные ящерицы рода *Darevskia*. Вырисовывается пугающая зависимость — чем малочисленней и уязвимей биологический вид, тем выше на него спрос и цена. Нет, мы не выступаем против зоокультуры, когда в лабораторных условиях создаются самовоспроизводящиеся группы охраняемых видов. Зачастую это единственный шанс на их выживание [12]. Совсем иное — черный рынок, не имеющий никакого отношения к охране фауны и научной работе. В настоящее время в России наблюдается стремительный рост числа террариумистов (например, одна из их групп в социальной сети насчитывает более 55 тыс. участников), а также рынка связанных с ними товаров и услуг. При этом

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проекты 16-04-00395, 18-04-00040).

Литература / Reference

1. Даревский И.С. Замечательные скальные ящерицы. Природа. 1982; 3: 33–44. [Darevsky I.S. Wonderful rock lizards. Priroda. 1982; 3: 33–44. (In Russ.).]
2. Даревский И.С., Даниелян Ф.Д. Малоазиатская ящерица исчезает из фауны СССР. Природа. 1986; 6: 41–43. [Darevsky I.S., Danielyan F.D. The Lizard of Asia Minor disappears from the fauna of the USSR. Priroda. 1986; 6: 41–43. (In Russ.).]

3. Доронин И.В. Галина Пантелеймоновна Лукина (к 80-летию со дня рождения). Современная герпетология. 2010; 10(1/2): 67–72. [Doronin I.V. Galina P. Lukina (on her eightieth birthday). Current Studies in Herpetology. 2010; 10(1/2): 67–72. (In Russ.).]
4. Лукина Г.П. Систематическое положение и биология скальной ящерицы *Lacerta saxicola* Eversmann на северо-западной границе ареала вида в пределах Кавказа. Известия Академии наук АзССР. Серия биологических и медицинских наук. 1963; 6: 53–61. [Lukina G.P. The systematic position and biology of the rock lizard *Lacerta saxicola* Eversmann on the northwestern boundary of the range of the species within the Caucasus. Izvestiya of the Academy of Sciences of the AzSSR. A series of biological and medical sciences. 1963; 6: 53–61. (In Russ.).]
5. Даревский И.С. Пищевой эритроизм у одной из подвиговых форм скальной ящерицы. Вопросы герпетологии. Седьмая всесоюзная герпетологическая конференция. Авторефераты докладов. Киев, 26–29 сентября 1989 г. Киев, 1989: 76–77. [Darevsky I.S. Nutritional erythrism in one of the subspecies forms of a rock lizard. The problems of herpetology. Seventh All-Union herpetological conference. Abstracts. Kiev, September 26–29, 1989. Kiev, 1989: 76–77. (In Russ.).]
6. Tuniyev B.S. Pulsation of lizard's area on the North-West Caucasus. Programme and Abstracts: 12th Ord. Gen. Meet. of the S. E. H. (12–16 August 2003, Saint-Petersburg). SPb., 2003; 164.
7. Доронин И.В. Использование геоинформационных систем для анализа распространения скальных ящериц комплекса *Darevskia (saxicola)* (Sauria: Lacertidae). Современная герпетология. 2012; 12(3/4): 91–122. [Doronin I.V. 2012. The use of GIS for the analysis of the distribution of rock lizards *Darevskia (saxicola)* complex (Sauria: Lacertidae). Current Studies in Herpetology. 2012; 12(3/4): 91–122. (In Russ., abstr. in Engl.).]
8. MacCulloch R.D., Fu J., Darevsky I.S., Murphy R. Genetic evidence for species status of some Caucasian rock lizards in the *Darevskia saxicola* group. Amphibia Reptilia. 2000; 21: 169–176.
9. Tuniyev B.S., Tuniyev S.B. On distribution and taxonomic status of rock lizards *Darevskia braueri szczerbaki* (Lukina, 1963) and *D.b.darevskii* (Szczerbak, 1962). Russian Journal of Herpetology. 2012; 19(1): 10–22.
10. Доронин И.В., Туниев Б.С., Кукушкин О.В. Дифференциация и систематика скальных ящериц комплекса *Darevskia (saxicola)* (Sauria: Lacertidae) по данным морфологического и молекулярного анализов. Труды Зоологического института РАН. 2013; 317(1/2): 54–84. [Doronin I.V., Tuniyev B.S., Kukushkin O.V. Differentiation and taxonomy of the Rock Lizards *Darevskia (saxicola)* (Sauria: Lacertidae) according to morphological and molecular analyses. Proceedings of the Zoological Institute RAS. 2013; 317(1/2): 54–84. (In Russ., abstr. in Engl.).]
11. Туниев Б.С., Туниев С.Б. Ящерица Щербака *Darevskia szczerbaki* (Lukina, 1963). Красная книга Краснодарского края. Животные. 3-е издание. Замотайлов А.С., Лохман Ю.В., Вольфов Б.И. (ред.). Краснодар, 2017; 497. [Tuniyev B.S., Tuniyev S.B. Szczerbak's Lizard *Darevskia szczerbaki* (Lukina, 1963). Red data book of Krasnodar Territory. Animals. 3-th edition. Zamotaylov A.S., Lohman Yu.V., Wolff B.I. (eds). Krasnodar, 2017; 497. (In Russ.).]
12. Ананьева Н.Б., Утешев В.К., Орлов Н.Л., Гахова Э.Н. Стратегии сохранения редких видов земноводных и пресмыкающихся. Известия РАН. Серия биологическая. 2015; 5: 509–517. [Ananjeva N.B., Orlov N.L., Uteshev V.K., Gakhova E.N. Strategies for conservation of endangered amphibian and reptile species. Proceedings of the Russian Academy of Sciences. The biological series. 2015; 5: 509–517. (In Russ., abstr. in Engl.).]

Szczerbak's Lizard — the Endangered Endemic of Russia

I.V.Doronin¹, B.S.Tuniyev²

¹Zoological Institute, RAS (Saint Petersburg, Russia)

²Sochi National Park (Sochi, Russia)

The article describes the history of the study and data on the biology of the Szczerbak's Lizard, *Darevskia szczerbaki* — the endemic of Russia. The species is listed in the Red Data Book of Krasnodar Krai and is recommended for inclusion in the Red Data Book of Russian Federation. The main reason for this lizard extinction is the construction of coastal cliffs in the Krasnodar krai. Particular concern is caused by the state of its populations in a type locality — the town of Anapa. To protect a rock lizard, the following steps are necessary: optimization of the territory of the Utrish State Natural Reserve, establishing of new protected areas in Anapa, on the coastline between Gelendzhik and Tuapse, and prohibition of catching of lizards.

Keywords: Szczerbak's Lizard, *Darevskia szczerbaki*, Caucasus, conservation, Red Data Book.

Создание геопарка «Иландаг» в Нахчыванской Автономной Республике (Азербайджан)

Т.Н.Кенгерли¹, В.Б.Ибрагимов¹, Т.М.Рашидов¹, И.Т.Кенгерли¹

¹Институт геологии и геофизики Национальной академии наук (НАН) Азербайджана (Баку, Азербайджан)

В рамках «Национального плана действий по защите и устойчивому использованию редких геологических объектов в Азербайджанской Республике на 2009–2012 гг.» составлен кадастр территорий с геологическими памятниками (геосайтов). Анализ их пространственного распределения и близости к известным объектам историко-культурного и рекреационного назначения выявил значительный потенциал азербайджанских земель для создания национальных геопарков международного значения, которые отвечают требованиям ЮНЕСКО и ProGEO. Наиболее перспективной оказалась территория Нахчыванской Автономной Республики. В ее юго-восточной части предлагается организовать Иландагский геопарк, историко-культурные и природные ценности которого максимально близки к предъявляемым требованиям. Кроме того, на приграничной территории Южно-Азербайджанской обл. Исламской Республики Иран создан Джульфинский геопарк, обладающий схожими природными объектами. Это позволит в дальнейшем создать геопарк международного уровня, который будет способствовать сближению местных сообществ и пропаганде природного разнообразия края.

Ключевые слова: историко-культурное и природное наследие, геопарк, ЮНЕСКО, Нахчыван, Азербайджан.

Азербайджан — красивейший край с богатой флорой (4100 видов растений) и фауной (более 12 тыс. видов животных), с разнообразными климатическими условиями и ландшафтами — от полупустынных до высокогорно-нивалых, со значительными водными ресурсами, с большим туристическим и рекреационным потенциалом. К природным феноменам страны, без сомнения, следует причислить редкие и экзотические геологические объекты (геосайты). Это крупнейшие в мире грязевые вулканы, нефть Нафталана с исключительными лечебными свойствами, источники термальных и минеральных вод, уникальные литолого-стратиграфические разрезы, магматические и тектонические структуры, реликтовые горные озера и прочие геологические образования, подпадающие под категорию объектов геологического наследия. Эти памятники природы должны быть сохранены для будущих поколений азербайджанского народа и всего человечества. Однако в современных условиях возрастающей антропогенной нагрузки на окружающую среду многие геосайты страны находятся под угрозой разрушения.

Постановка проблемы

Как показывает международный опыт, организация геопарков на территории сосредоточения геологических памятников часто играет более значительную роль в сохранении природного на-

следия, чем какие-либо запреты и ограничения. К тому же на международном уровне геопарки воспринимаются как частный случай национальных парков, но с ярко выраженной геолого-геоморфологической спецификой, что находит отражение в материалах различных международных форумов, а также ряда сессий Секретариата ЮНЕСКО.

Начало движению по сохранению геологических памятников природы было положено в 1991 г. во французском городе Динь на I Международном симпозиуме под девизом «Память Земли в наших руках». Данный процесс в Европе координируется учрежденной в 1993 г. в Кельне (ФРГ) Европейской ассоциацией по сохранению геологического наследия (ProGEO), коллективным членом которой стал Институт геологии и геофизики НАН Азербайджана. Сотрудники института проводят исследования редких геологических объектов на территории страны. В частности, по их инициативе в 2007 г. был организован Государственный природный заповедник грязевых вулканов, в который вошла группа из 50 вулканов Апшеронского п-ова, Восточного Гобустана и Бакинского архипелага. Следующим шагом стала реализация «Национального плана действий по защите и устойчивому использованию редких геологических объектов в Азербайджанской Республике на 2009–2012 гг.». Это позволило провести инвентаризацию и паспортизацию геосайтов, а также разработать предложения по их консервации и вовлечению в индустрию туризма. Был создан кадастр геологических объектов различных категорий: палеонтолого-стратиграфических, тек-



Талят Насрулла оглу Кенгерли, доктор геолого-минералогических наук, член-корреспондент НАН Азербайджана, начальник отдела геотектоники и региональной геологии Института геологии и геофизики НАН Азербайджана. Область научных интересов — региональная геология, тектоника, геофизика, геоэкология, управление в чрезвычайных ситуациях.
e-mail: tkangarli@gmail.com



Вагиф Багир оглу Ибрагимов, доктор технических наук, начальник отдела координации инновационных проектов того же института. Круг научных интересов охватывает вопросы горного права, недропользования, геоэкологии, управления в чрезвычайных ситуациях.
e-mail: ibrahimov.vb@gmail.com



Тофиг Мирзага оглу Рашидов, PhD по наукам о Земле, старший научный сотрудник отдела бассейнового моделирования и геотехнологии того же института. Занимается грязевым вулканизмом, GIS, цифровым моделированием, геоэкологией.
e-mail: tofig.rashidov@gmail.com



Илькин Талят оглу Кенгерли, научный сотрудник отдела геотектоники и региональной геологии того же института. Специалист по вопросам экологии, геоэкологии, управления в чрезвычайных ситуациях.
e-mail: ikangarli@gmail.com

тонических, геоморфологических, минералогическо-петрографических, гидрологических и историко-геологических.

Предварительный анализ пространственного распределения геосайтов по категориям, природоохранной значимости и привязанности их к известным историко-культурным и рекреационным объектам подтвердил значительный потенциал азербайджанских земель в плане создания национальных геопарков международного значения, которые отвечают требованиям ЮНЕСКО и ProGEO.

Показателем перечень разработанных ЮНЕСКО основополагающих критериев для территорий, которые могут получить статус геопарка [1].

Будущий геопарк должен:

- представлять достижения человеческой деятельности (например, уникальные отработанные месторождения, древние горные выработки), строительную, архитектурную, технологическую или ландшафтную целостность, природный геологический феномен (геологический памятник);

- обеспечивать обмен информацией, сохранность культурных традиций и свидетельств цивилизации;

- отражать естественное, характерное для той или иной эпохи развитие форм рельефа, природных геологических процессов, геологические особенности развития планеты, результаты недропользования;

- характеризовать важнейшие современные эколого-биологические процессы, происходящие на планете, и естественную среду обитания.

Наряду с этим, по нашему мнению, национальный геопарк, должен обладать эксклюзивностью, полигенностью (полиформностью), развитой инфраструктурой и устойчивостью.

Понятие эксклюзивности геопарка предполагает присутствие на выбранной территории не имеющих аналогов либо крайне редко встречающихся объектов. Полигенность подразумевает наличие геологических памятников различного генезиса, морфологии и времени формирования. Развитая инфраструктура в заповедной зоне предо-

пределяет минимизацию финансовых и материальных инвестиций, сроков введения в эксплуатацию выбранного объекта, а также его привлекательность для индустрии туризма и быструю возвратность капиталовложений. Наконец, устойчивость геопарков определяется квалифицированным кадровым потенциалом и местными экономическими ресурсами для их обслуживания, а также стимулированием ограниченной экономической деятельности в интересах местной общины.

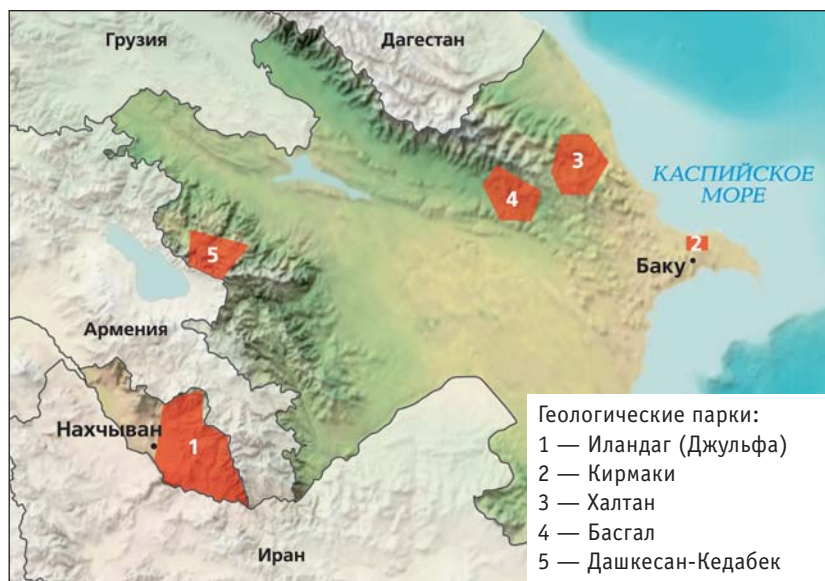


Схема расположения территорий в Республике Азербайджан, отвечающих требованиям ЮНЕСКО и ProGEO для создания геопарков международного значения.

С этих позиций наиболее перспективна территория Нахчыванской (Нахичеванской) АР. Кроме того, на приграничной территории Южно-Азербайджанской обл. Исламской Республики Иран создан Джильфинский геопарк, обладающий схожими природными условиями. В среднесрочной перспективе здесь возможно организовать геопарк более высокого трансграничного уровня, что может найти еще большую поддержку со стороны ЮНЕСКО и ProGEO.

Историко-культурное наследие

Нахчыванский край — юго-западный эксклав Азербайджанской Республики — имеет древнюю историю. Об этом свидетельствуют археологические памятники периодов палеолита, бронзового и железного веков, многочисленные петроглифы горы Гямигая, наскальные рунические письма Иландага и Харабагила, древние соляные копи, остатки объектов давнего градостроительства, культура крашеной посуды различной формы и прочие артефакты [2]. Заселение территории первобытным человеком здесь приходится на конец последнего оледенения. Следы первобытных стоянок установлены в многочисленных пещерах края, вблизи поселений Араб-Енгиджа, Махты, Халаджа, в районе оз. Батабат и др. На территории края сохранились руины средневековых поселений и крепостей и отдельные средневековые памятники архитектуры — мавзолеи Момине хатун и Юсифа ибн Кусейра, крепостные стены Нахчывана, Харабагила, Алинджа, группа охраняемых строений в г. Ордубад (объединенных в одноименный историко-архитектурный заповедник) и др.

В целом на территории Нахчыванской АР установлено более 280 археологических и свыше 400 архитектурных памятников, а сам город Нахчыван (Нахичевань), история которого прослеживается с 4–3-го тысячелетия до н.э., — один из древнейших и крупнейших на Ближнем Востоке населенных пунктов. Нахчыванский край славится также своими ремесленническими традициями, восходящими к Античности и раннему Средневековью. Одно из самых развитых ремесел, базирующихся в значительной степени на местном сырье, — металлообработка. Об этом свидетельствуют остатки кузнечных мастерских и металлические предметы, найденные во время археологических раскопок и использовавшиеся нашими предками в хозяйстве, быту и в искусстве.

Средневековый историк Хамдуллах Газвини (XII в.) упоминает находящиеся вблизи Нахчывана многочисленные медные рудники (особо отмечая Гилан, знаменитый своими медными запасами) и обстоятельно рассказывает о качестве и обилии добываемой здесь меди [3]. Среди различных декоративных видов ремесел особое место занимало изготовление ковров, ювелирных, гончарных и медных изделий и различных рукоделий народных умельцев.

Все сказанное определяет место и значение Нахчыванского края в мировой истории как одного из богатых в историко-культурном отношении поселенческих центров человечества.

Природный потенциал

Большинство видов флоры (до 60%) и фауны (56%), описанные на территории страны, встречаются в Нахчыванском крае. Здесь произрастает около 3 тыс. видов растений, в том числе эндемичных, реликтовых и находящихся на грани исчезновения. Это дорема голая (растение семейства зонтичных), астер альпийский, однозернянка (дикорастущий древний вид пшеницы), иксиолирион татарский, синеголовник дикий, дуб аразский, ирис нежный, ремнелестник и др. Среди 373 видов встречающихся животных к редким и находящимся на грани вымирания относятся леопард, южнокавказский муфлон, безоаровый козел, степная кошка. Мир пернатых представлен 226 видами. Из них к краснокнижным относятся орлан-белохвост, беркут и дрофа. В целом в Красную книгу Азербайджана включены 58 видов животных (в том числе 35 позвоночных и 20 насекомых) и 39 видов растений,

распространенных на территории Нахчыванского края. В целях сохранения биоразнообразия автономной республики здесь организованы и функционируют особо охраняемые природные территории: Зангезурский национальный парк, Шахбузский государственный природный заповедник, Арпачайский, Ордубадский и Приаразский государственные природные заказники.

Красота природы Нахчыванского края определяется также его ландшафтами. Здесь на коротком расстоянии (40–60 км) высокогорный альпийский ландшафт сменяется аридным редколесьем среднегорий, а затем — субтропической пустыней аридно-денудационных низкогорий и наклонной равниной левобережья р.Аракс.

К особо колоритным природным памятникам можно отнести: литолого-стратиграфические разрезы (от палеозойских до плиоценовых), отражающие геологическую историю региона на протяжении 400 млн лет; хорошо выраженные в рельефе местности магматические структуры; доступные для осмотра складки и зоны разрывных нарушений; многочисленные источники минеральных вод с широким диапазоном бальнеологических свойств; редкие виды минерального сырья и горно-исторические памятники. На территории края расположены красивейшие речные долины, террасы и конусы выноса; ледниковые цирки, кары, троговые долины и морены; эрозионно-денудационные экзотические скалы, скальные композиции, горные вершины; древние вулканические постройки, карстовые и псевдокарстовые образования и разновозрастные поверхности выравнивания.

Среди геологических объектов установлено свыше 150 редких и уникальных памятников. Из них 22 литолого-стратиграфических, 25 гидрологических и гидрогеологических, 18 магматических, 14 рудно-петрографических, 68 геоморфологических и пять историко-горно-геологических [4]. Остановимся на некоторых из них.

Траверс долины реки Восточный Арпачай — наиболее представительный на Южном Кавказе и прекрасно обнаженный стратотипический литолого-стратиграфический разрез



Стратотипический разрез терригенно-карбонатных отложений верхнего девона — нижнего карбона. Гора Геран-Каласи на левом берегу р.Восточный Арпачай.

Здесь и далее фото из архива авторов

палеонтологически обоснованных отложений от девона до триаса включительно, которые отвечают шельфовым фациям южной пассивной континентальной окраины Палеотетиса [4]. Разрез детально исследован европейскими, российскими и азербайджанскими стратиграфами. Ученые подробно описали и фаунистически обосновали все ярусы и подъярусы среднего—верхнего девона, нижнего карбона, верхней перми и триаса, которые признаны в качестве стратотипов для образований данных возрастов на Южном Кавказе.

Стратотипический разрез Аза палеоцен—нижнеэоценовых отложений находится в восточной части Нахчыванской АР. Эта толща, отличающаяся богатством фораминиферовой фауны и на-



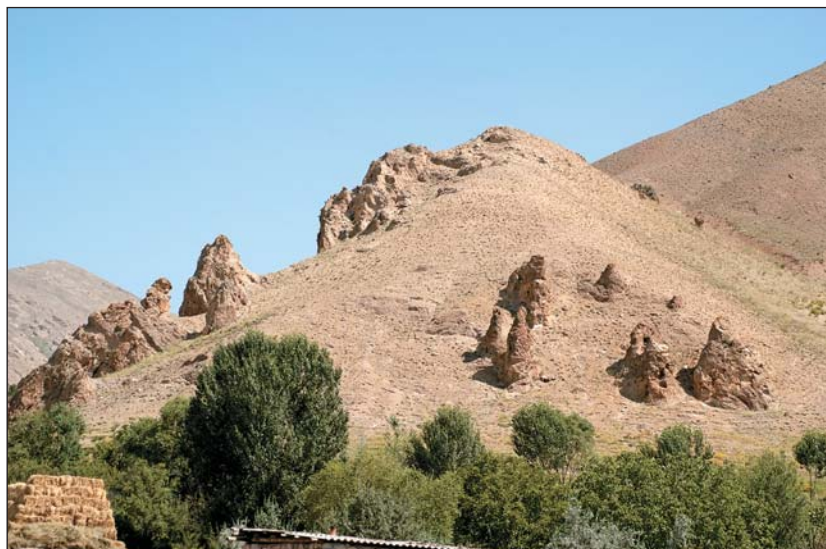
Разрез палеоцен—нижнеэоценовых отложений у с.Аза.



Обнажение чашырдагской свиты (тарханский региоярус среднего миоцена) в восточных эскарпах г.Ушаглы.

нопланктона, обнажается на левобережье р.Аракс, в окрестностях села Аза. Она представляет собой опорный разрез палеоцен-нижнеэоценовых отложений Ордубадского рифтогенного прогиба [4, 5].

Стратотипический разрез Парадаш — наиболее представительный и палеонтологически обоснованный разрез среднего эоцена в вулканогенно-осадочной и терригенной фациях, которые участвуют в строении Шуруд-Парадашской мульды в междуречье рек Алинджачай и Гиланчай на востоке автономной республики. Разрез характеризуется обилием фауны планктонных фораминифер, нуммулит, нанопланктона, различных моллюсков. Наличие в их составе большого количества видов тетического и паратетического об-



Выходы основных и ультраосновных пород в окрестностях с.Чалхангала.

лика дает возможность проследить стратиграфические уровни и комплексы ископаемых южного типа и более северных регионов Кавказа [4].

Разрез Чашырдаг — единственный выход отложений вулканогенной фации в стратиграфическом интервале перехода от нижнего к среднему миоцену, участвующих в геологическом разрезе юго-восточного борта наложенной Нахчыванской депрессии по правобережью р.Алинджачай. Разрез состоит из чередующихся туфобрекчий, туфов и андезитовых автокластиков [4, 5].

Чалхангалинские тектониты — единственные на Южном Кавказе выходы доюрских (?) основных и ультраосновных пород в пирокластической фации.

В нижней части разреза они представлены пикритами, пикродолеритами, пикробазальтами, долеритами, долеритовыми порфиритами, долеритовыми базальтами, а в верхней — диабазами и габбро-диабазами [4]. Эти породы образуют разномасштабные тектонические клинья среди доломитов и доломитизированных известняков верхнего триаса и перекрываются осадочной толщей аалена. Абсолютный возраст диабазов и габбро-диабазов, определенный К-Ar-методом, составил 320 ± 10 млн лет, что соответствует середине карбона.

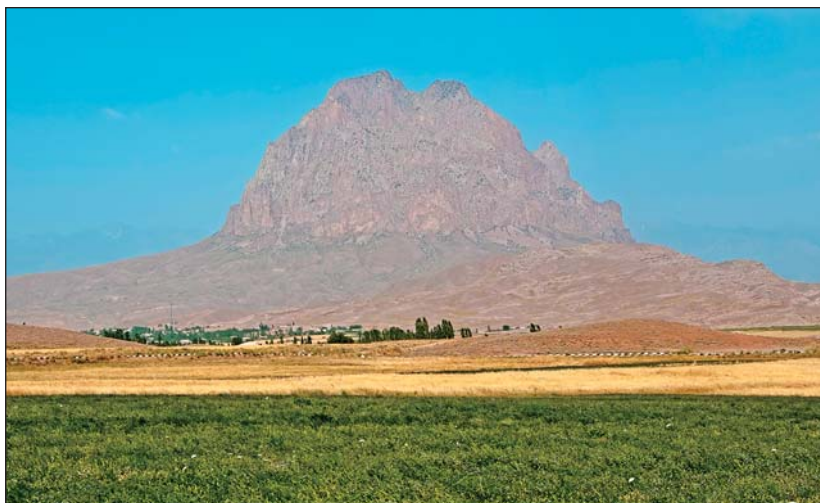
Бисмалитовый массив Иландаг (Иланну-даг) — величественный овальный пик абсолютной высотой 2415.8 м и площадью основания около 3 км². Интрузив образован зеленовато- и розовато-серыми кварцевыми диорит-порфирами нижнемиоценового возраста, которые прорывают пологоволнистые аргиллит-песчаные отложения среднего эоцена. Этот ярко выраженный в рельефе куполовидный интрузивный массив не имеет аналогов на Южном Кавказе. Он эффектно выделяется над окружающими пологими возвышенностями левобережья р.Алинджачай и служит своеобразным символом Нахчыванского края. Название его образовано из сочетания тюркского слова *ил(эл)*, которое переводится как «местообитание, край, народ», и имени древнетюркского божества *Анну* и означает «местообитание бога». Бытуют еще два названия пика: Инандаг

(гора Веры) и Хачадаг (Раздвоенная гора). Вершина пика расчленена на две части, соединенные узкой перемычкой [2, 4, 5].

Мигри-Ордубадский плутон — крупнейший обнажающийся на Кавказе гетерохронный (средний эоцен — ранний миоцен) интрузивный массив. Большая его часть находится на территории Армении. Сложен он габбро-гранитами, габбро-монцититами и порфировидными гранитоидами, которые содержат разновеликие реликты верхнепротерозойских (?) метабазитов [2, 4]. Их включения часто достигают гигантских размеров.

Дуздагское месторождение каменной соли расположено в 12 км к северо-западу от Нахчывана. Оно разрабатывается с глубокой древности [2, 4, 5]. В геологическом строении месторождения участвуют верхнемиоценовые (сарматские) соленосные и четвертичные отложения. Промышленные запасы здесь достигают 90 млн т, а промышленная добыча ведется с XIX в. Совместные раскопки азербайджанских и французских археологов показали, что начало выработки каменной соли на месторождении восходит к 3-му тысячелетию до н.э. Таким образом, Дуздагские соляные копи — самые древние в мире. Одна из отработанных штолен оборудована для лечения пациентов с бронхиальной астмой и другими легочными заболеваниями. Температура воздуха в подземном медицинском центре составляет 19–20°C, а влажность — 23–35%.

Минеральные и термальные воды — также одна из визитных карточек Нахчыванского края. Здесь установлено свыше 220 источников минеральных вод, что составляет 35% от их общего количества по всей стране. Из них 54 источника обследованы детально, с установлением химического состава, температуры, дебита и бальнеологических свойств [4–7]. Минеральные воды представлены шестью типами, восемью классами и 33 вида-



Гора Иландаг.



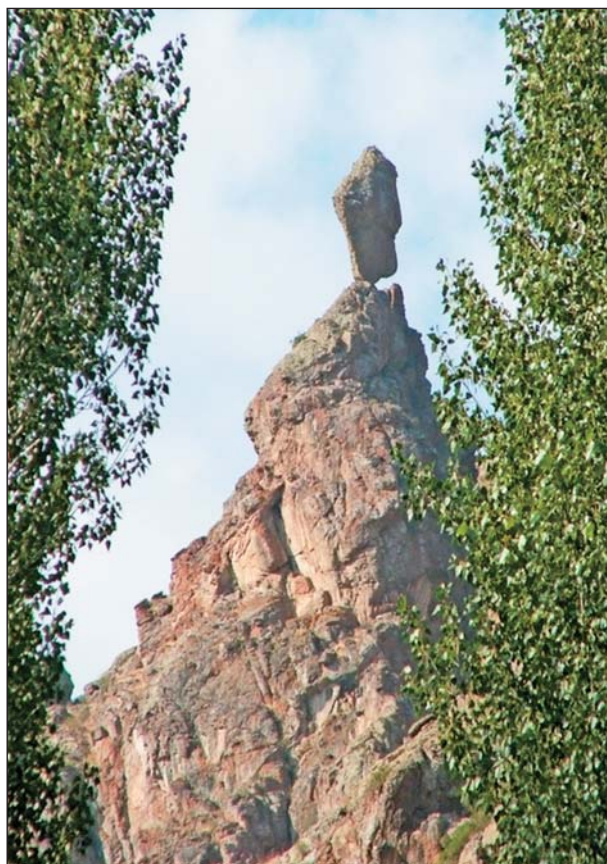
Подземная физиотерапевтическая лечебница «Дуздаг».



Минеральный источник Лякятаг в высокогорной части Зангезурского хребта.



Пещера Асхаби-Кяхф.



Гялин гаясы (скала Невеста) расположена выше дороги между селами Унус и Пазмара. Она сложена вулканогенными породами среднего эоцена, по форме напоминая женскую фигуру. Ордубадский р-н.

ми. По бальнеологическим свойствам они распадаются на хлоридно-сульфатные, сульфидные, марганцево-железистые и радоновые. Суммарный дебит источников достигает 15 млн л/сут. Все воды (за исключением двух сероводородных) — углекислые. Фактически там, на сравнительно небольшой территории, сосредоточены аналоги известных минеральных вод Армении, Венгрии, Германии, Грузии, Польши, России, Украины, Франции и Чехии. Особого внимания заслуживают трещинно-жильные воды эксплуатируемых месторождений Бадамлы, Вайхыр, Гахаб, Гызылванг, Дарыдаг, Джахри, Нахаджир и Сираб, которые имеют глубинное происхождение. На месторождениях Сираб и Дарыдаг температура воды, поступающей на поверхность по эксплуатационным скважинам, достигает 41–52°C. На базе Дарыдагского месторождения углекислых мышьяковистых вод функционирует бальнеологическая лечебница.

Асхаби-Кяхф — одна из самых известных исторических пещер на Востоке [2, 4, 5, 7]. Ее название с арабского переводится как «хозяева пещеры». О ней упоминается в суре «Аль-Кяхф» Священного Корана, в сказании о семи юношах с собакой, скрывшихся здесь от ханского гнева и проспавших 300 лет. Однако еще за многие сотни лет до этого пещера служила священным местом поклонения, а история обитания здесь людей восходит к первобытному строю. Пещера площадью несколько десятков квадратных метров и высотой более 5 м расположена у подножия одноименной горы, в 12 км от Нахчывана. Ее вход скрыт между скалами, в конце узкой расщелины. Псевдокарстовая пещера выработана в одноименном средне-эоценовом интрузивном массиве, который сложен трахиандезитами и их автокlastитами. В ее стенах располагаются большие ниши как природного, так и рукотворного происхождения.

Экзотические скальные формы рельефа весьма характерны для восточной части Нахчыванского края. Они представляют собой продукты эрозионного воздействия природных агентов на кайнозойские вулканогенно-осадочные комплексы [2, 4, 5, 7]. Неповторимые очертания скал и скальных композиций всегда привлекают внимание посетителей этих мест.

Озеро Батабат расположено среди живописных альпийских лугов высокогорного плато Бичанак, в истоках р.Нахчыванчай [2, 4, 5, 7]. Пресноводное озеро площадью 16 га примечательно плавающим по его глади торфяным островом. Большое количество солнечных дней, мягкий климат и красивый горный ландшафт придают озеру неповторимый колорит, привлекая многочисленных отдыхающих из разных районов Азербайджана и других стран. В окрестностях Батабата встречаются водные источники с карбонатной, гидрокарбонатной и кальциево-натриево-магниевой минерализацией, которые используются при лечении желудочно-кишечных заболеваний.

Этот отнюдь не полный перечень редких объектов отражает все разнообразие геологических памятников Нахчыванского края. Наиболее характерные и представительные из них концентрируются в востоко-юго-восточной Шахбуз-Ордубадской части региона, территориально связанной с Ордубадским рифтогенным прогибом. Эта живописная область площадью около 3200 км² с населением свыше 100 тыс. человек, которая охватывает бассейны Нахчыванчая, Алинджачая, Гиланчая и более мелких рек, характеризуется сформировавшейся инфраструктурой, административным ресурсом и экономическим потенциалом (развитое сельское хозяйство, разрабатываемые месторождения полезных ископаемых, предприятия легкой промышленности, объекты рекреации и туризма). Таким образом, данный регион — музей под открытым небом, экспонатами которого служат реликтовые объекты, обладающие как природной, так и гуманитарной ценностью.

* * *

Учитывая весь историко-культурный и природный потенциал Шахбуз-Ордубадского регио-

на Нахчыванской АР, Академия наук Азербайджана выступила перед руководством страны с инициативой организации геологического парка «Иландаг» на территории этого одного из наиболее интересных и древних регионов Южного Кавказа. Геопарк объединит наряду с геолого-геоморфологическими и археологическими памятниками и объекты историко-архитектурного наследия (Ордубадский историко-архитектурный заповедник) и биологического разнообразия (Зангезурский национальный парк).

Секретариат Программы ЮНЕСКО по геологическим наукам и геопаркам с одобрением воспринял данную идею и обещал оказать содействие в придании будущему геопарку международного статуса.

Геопарк «Иландаг» позволит создать естественный механизм охраны памятников природного и гуманитарного наследия, в котором будет участвовать и местное население. Это поможет организовать познавательную-просветительскую деятельность с развитием геологического туризма — нового для автономной республики направления экономической деятельности. ■

Литература / Reference

1. International Program on Geosciences and Geoparks of UNESCO. Paris, 2015.
2. Энциклопедия Нахчывана. Баку, 2002. (На азерб.). [Encyclopedia of Nakhchivan. Baku, 2002. (In Azerb.).]
3. *Газвини Хамдуллах*. Нусхат ул-гулуб (Улада сердец). Материалы по Азербайджану. Перевод З.Бунятова, И.Петрушевского. Баку, 1983. [*Qazvini Hamdallah*. Nuskhat ul-qulub (A sight for hearts). Proceedings on Azerbaijan. Translation by Z.Bunyatov, and I.Petrushevski. Baku, 1983. (In Russ.).]
4. *Кенгерли Т.Н.* (координатор программы). Отчет НИР по программе «План действий по охране и устойчивому использованию редких геологических объектов в Азербайджанской Республике». Баку, 2012. (На азерб.). [*Kangarli T.N.* (the program coordinator). Report of the Research on the «Plan of actions on protection and sustainable utilization of rare geological objects in Azerbaijan republic». Baku, 2012. (In Azerb.).]
5. *Kangarli T.N., Babayev Sh.A.* Geological heritage of Azerbaijan Republic. Baku, 2012.
6. *Бабаев А.М.* Минеральные воды горно-складчатых областей Азербайджана. Баку, 2000; 136–170. [*Babayev A.M.* Mineral waters of mountain-folded areas of Azerbaijan. Baku, 2000; 136–170. (In Russ.).]
7. *Mammadov G., Yusifov E., Khabilov M., Karimov V.* Azerbaijan: ecotourism potential. Baku, 2012.

Creation of “Ilandag” Geopark in the Nakhchivan Autonomous Republic (Azerbaijan)

T.N.Kangarli¹, V.B.Ibrahimov¹, T.M.Rashidov¹, I.T.Kangarli¹

¹Institute of Geology and Geophysics, Azerbaijan National Academy of Sciences (Baku, Azerbaijan)

The inventory of rare geological objects (geosites) had been compiled within the «National Plan of Actions for Protection and the Sustainable Use of Rare Geological Objects in Azerbaijan Republic for 2009–2012». The analysis of spatial distribution of these geosites and their correspondence to the known objects of the historical, cultural, and recreational interest had revealed the significant potential of the local lands in terms of creation of the National parks of the global importance that meet the requirements of UNESCO and ProGEO. Territory of Nakhchivan Autonomous Republic happened to be the most perspective. It is proposed to create Ilandag geopark, which historical, cultural, and natural potential highly implements the specified requirements, in south-eastern part of the Republic. In addition, Julfa geopark with similar natural factors had been created at the border territory of Iranian Azerbaijan region of the Islamic Republic of Iran. In future, it will allow creation the geopark of global level that will promote rapprochement of the local societies and propaganda of the natural diversity of the region.

Keywords: historic-cultural-natural heritage, geopark, UNESCO, Nakhchivan area, Azerbaijan.

Ашхабадская катастрофа 1948 года. Помнить уроки

А.А.Никонов

Институт физики Земли имени О.Ю.Шмидта РАН (Москва, Россия)

По случаю 70-летия землетрясения 1948 г. — крупнейшей сейсмической катастрофы за время существования Российской империи и СССР — републикуются важнейшие факты, которые десятилетиями оставались недоступными общественности. На основе воспоминаний очевидцев и документов приводится хроника событий в разрушенном городе и организации масштабной всенародной помощи страны. В обобщенном виде изложен вопрос о существовании нескольких групп предвестников. Подчеркивается необходимость не только памяти о катастрофе, но и системного извлечения уроков в разных сферах текущей действительности.

Ключевые слова: Ашхабадское землетрясение, 1948 г., последствия сейсмической катастрофы, ретропрогноз, воспоминания очевидцев, хроника событий, организация помощи.

В 2018 г. исполнилось 70 лет со времени Ашхабадского землетрясения — сильнейшей природной катастрофы за период существования СССР, да и Российской империи. Предлагаемая ниже хроника была написана мною к 50-летней годовщине, когда с туркменскими сейсмологами еще сохранялись связи и живы были отдельные очевидцы. Опубликованная в составе специального выпуска научных материалов о выдающемся землетрясении, она не получила распространения и резонанса, а электронная версия сборника* оказалась надолго заблокированной.

Других фактических материалов о трагедии с тех пор не появилось. Редакция «Природы» сочла уместным опубликовать хронику с некоторым сокращением.

Проходят, пролетают годы, десятилетия. Катастрофа 1948 г. отделилась, удалась, фактически нигилировалась. То была другая, далекая, единая страна, другие люди, восприятия, интересы, устремления. Ныне в стране жизнь насыщена повседневностью, рвется вперед, а если и с оглядкой, то на потери миллионные, неоднократные, кардинальные, общенациональные. Об Ашхабадском событии научной книги как не было, так и нет. Да и вспоминать, читать, обдумывать некому.

Но у прошлого есть коварное свойство — оно повторяется. И тем жестче и неожиданней, чем меньше оно известно. Нет, не в Ашхабаде надо ждать катастрофы; там до следующей могут пройти



Андрей Алексеевич Никонов, доктор геолого-минералогических наук, профессор, главный научный сотрудник Института физики Земли имени О.Ю.Шмидта РАН. Область научных интересов — палеосейсмичность, сеймотектоника, оценка природных опасностей. Постоянный автор «Природы». e-mail: nikonov@ifz.ru

сотни лет. В нынешней России, на ее южных и восточных окраинах. И чем дольше в опасных районах они не случаются, тем тяжелее могут стать последствия. По простой, неотвратимой причине. Где раньше места были ненаселенные или слабозаселенные, с минимальными и простыми средствами жизнеобеспечения, там растут (и нет предела росту) города, сложнейшие устройства и коммуникации, резко усложняются процессы управления и резко же снижаются шансы на выживание в плотно построенных домах-муравейниках.

Италия, Китай, Япония. В этих странах знание опасностей для всех обязательно. Курсы, школы, правила поведения в экстремальных условиях, общественные и государственные меры противостояния. И то случаются огромные потери, наносится колоссальный ущерб. После каждой катастрофы необходима всенародная мобилизация усилий, дополнительные меры, учет промахов и постоянное обучение всего населения.

В Германии, от сейсмических катастроф не страдающей, в начале XXI в. разрабатывалась научная тема «Реагирование властных структур на сейсмические катастрофы». Университетские аспиранты приезжали в Россию изучать архивные и другие доступные материалы, документы, воспо-

* web.archive.org/web/20080518165446/www.scgis.ru/russian/cp1251/dgggms/2-98/main.html

минания. Приходили они и в Институт физики Земли РАН за сведениями о катастрофах Ашхабадской и Спитакской. Естественно, консультации получили (правда, только по собственно научной части, а не по организационной), благодарили и кланялись. (Своими результатами, однако, не поделились.)

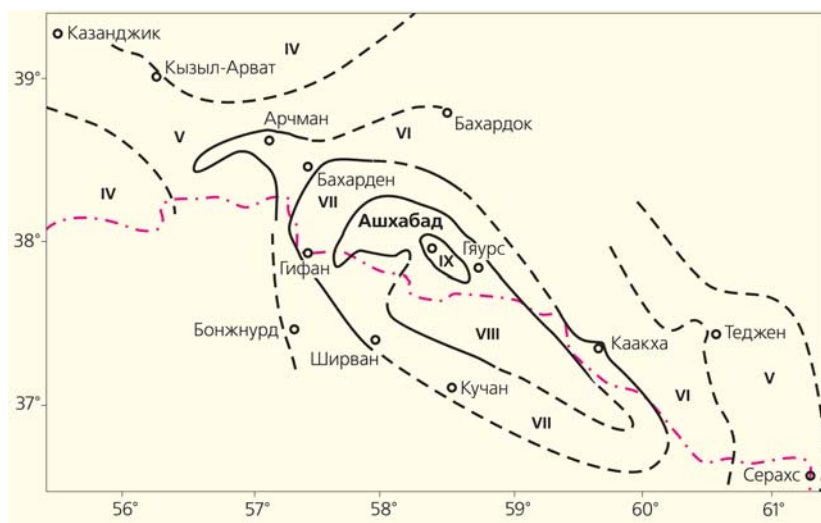
Землетрясение в Ашхабаде — первая и тяжелейшая сейсмическая катастрофа в стране — повлекло жуткие, доныне слабо известные последствия. Преподнесло немало уроков. Но разве их знают, разве разясняют? Жизнь, как прежде птица-тройка, несется вперед...

Публикуемые материалы — попытка дать возможность сосредоточиться, постигнуть трагизм, научиться предусмотрительности... не на опыте своем и близких. Даже по одному Ашхабаду 1948 г. опыт огромен. А сколько еще подобных. Где обобщение? Где строгие рекомендации? Где знание действий, наука реагирования на неожиданные катастрофы такого масштаба?

Ретропрогноз

Ашхабадская сейсмическая катастрофа 6 октября 1948 г. унесла жизни не менее 40–50 тыс. (вероятно, 70–80 тыс.*) человек, оставила не менее 18 тыс. раненых, стерла с лица земли столицу Туркмении и ближайшие к ней поселения. Интенсивность землетрясения достигала IX–X баллов, магнитуда $M = 7.3$. В научной и общедоступной литературе вопрос о прогнозе этого выдающегося события десятилетиями не обсуждался, поскольку заключение авторитетной комиссии АН СССР в 1948 г. гласило, что это землетрясение не предвлялось никакими признаками подготовки. Однако сейчас, после специальных ретроспективных исследований, ситуация представляется совершенно иной.

Только спустя 50 лет, в 1998 г., выяснилось, что еще известный астроном И.С.Астапович на основе повторяемости с интервалом 1000 лет разрушительных исторических землетрясений в районе современного Ашхабада пытался опубликовать материалы об ожидаемом сильнейшем событии вблизи столицы Туркмении. Статью не пропустили в пе-



Карта изосейст Ашхабадского землетрясения 6 октября 1948 г. Уточненный вариант карты Г.Л.Голинского, составлен А.А.Никоновым в 1998 г.

чать во избежание паники, а в дальнейшем о предупреждениях ученого совершенно забыли**.

Ныне, после специального сбора и анализа целого ряда наблюдений и измерений прежних лет, ретроспективно установлены следующие признаки подготовки события:

- землетрясению предшествовало отчетливое сейсмическое затишье в течение почти пяти лет;
- за шесть-семь лет до события начались аномальные движения земной коры в предгорной полосе Копетдага, вплоть до Каспийского моря;
- за пять лет до катастрофы проявились изменения в уровне воды в скважинах южнее города, а за 2.3 г. и за 3.5 мес — в радиусе 100 км;
- стали обнаруживаться аномалии гидрометеорологических показателей за 1.7 г., за 10 мес, а возможно, и за 2 мес;
- на расстоянии до 120 км от Ашхабада отмечались аномалии в поведении многих животных: за 15–2 сут, за 12–1 ч и за несколько минут;
- за 10 мин наблюдались световые вспышки над горами.

Неединичность и непротиворечивость имеющихся теперь данных даже при отсутствии статистики позволяет считать их реальными предвестниками грядущего события. Однако при существовавшем тогда уровне знаний и при невнимании к проблеме они не могли быть систематически выявлены и практически использованы.

Все вышеприведенные признаки по набору и значениям параметров полностью укладываются в известные нам на сегодняшний день характеристики предвестников землетрясений соответствующего уровня энергии, что заставляет всерьез рассматривать такой опыт ретропрогноза.

* Никонов А.А. Ашхабадское землетрясение: проблемы и решения полвека спустя после катастрофы // Вестник ОГПТН РАН. №2(4)98. М., 1998. С.164–181; Никонов А.А. Ашхабадская сейсмическая катастрофа 1948 г. — ретропрогноз // Фундаментальные и прикладные проблемы мониторинга и прогноза стихийных бедствий. Киев, 1999. С.55.

** Никонов А.А. Как было не предсказано Ашхабадское землетрясение // Наука в России. 1998. №6. С.53–56.

Хроника Ашхабадской катастрофы*

В послевоенном Ашхабаде сосредоточилось много промышленных предприятий, велика была доля приезжего населения. В 1947 г. город насчитывал 117–132, а по отдельным оценкам — 150–180 тыс. жителей. Среди них преобладали женщины и дети. Жилой фонд (около 10 тыс. домов) составляли одноэтажные глинобитные дома с тяжелыми земляными крышами и коммунальные двухэтажные дома — кирпичные, разной степени прочности. В годы войны и сразу после нее жилищное строительство здесь практически не велось. Здания не ремонтировались, ветшали. Население же в эти годы значительно увеличилось — только за 1947 г. более чем на 5 тыс. человек. Много было детей. За месяц до катастрофы за парты сели 15 тыс. учеников.

Накануне. В 1947 г. всю территорию юга Туркмении отнесли к VII-балльной сейсмической зоне, хотя здесь уже были известны исторические разрушительные землетрясения и ранее территория считалась VIII-балльной. Антисейсмические меры применялись лишь при строительстве особо важных зданий: ЦКП(б), элеватора, Совета министров, крупных цехов. О землетрясениях население в принципе знало, но в 1930–1943 гг. потряхивало очень редко и слабо, а затем и вообще наступило затишье.

Скудная и трудная послевоенная жизнь под южным солнцем в общем протекала спокойно. Вечером 5 октября 1948 г., как обычно, закрылись учреждения, опустели базары, трудовой народ разошелся по домам. Вечер стоял теплый и тихий. Окна домов были открыты настежь. Заступили на ночную вахту работники круглосуточных производств, подремывали операторы городских служб, томились на назначенных местах постовые. Город замер. В полночь началось очередное заседание ЦК КП(б) Туркмении — обсуждался вопрос о перспективах Кара-Богаз-Гола. Одни полуночники возвращались домой, другие, покончив с домашними делами, готовились ко сну. Местами протяжно выли или непривычно скулили собаки. Небо было ясным, звездным.

Около часа ночи случайные запоздалые жители увидели над горами непонятные вспышки и отблески света. В 1 ч 12 мин послышался подземный гул. Начало конца...

Астрономические часы местной обсерватории остановились в 1 ч 14 мин 1 с. По другим данным, толчок последовал в 1 ч 12 мин.

Апокалипсис. Среди ночи — грозный гул, потом грохот и треск, земля задрожала и заколыхалась. Полупроснувшись, подумал: опять война снится и бомбежка! Но эта катастрофа была похуже бомбежки. Поняв, вскочил и выбежал во двор, за спиной рухнул дом. Клубы взметнувшейся пыли,

качающиеся деревья и падающие дома были освещены каким-то странным желтоватым светом. Затем наступил мрак, и со всех сторон раздался крики, плач; засветилось багряное пламя вспыхнувших пожаров, а земля продолжала временами подрагивать. То тут, то там сыпались кирпичи, падали уцелевшие стены... Откопали подушку, под ней лицо матери. Она была жива, но ранена, без сознания и уже задышалась. Подбежал сосед, мы приподняли балку и вытащили ее**.

— Глубокой ночью неожиданно вертикальный удар страшной силы потряс местность. Высоко вверх подскочили даже тяжелые предметы, а через мгновение все пришло в движение. Наша привычная, прочная и неподвижная земля качалась, как палуба корабля в шторм. Что-то качало, толкало, трудно было устоять на ногах. Слышался глухой подземный гул. Погасли ночные огни, зашумела листва, словно порыв ветра пронесся в садах. Густые клубы дыма (пыли) окутали город. Трудно стало дышать. Это продолжалось 10–12 секунд. Затем все успокоилось.

— Все в доме спали. Я кончил работу и просматривал газеты. Толчки начались сразу очень сильные... Я сразу вскочил со стула, перебежал комнату до противоположной стены, чтобы схватить спящего сына и бежать во двор. Но потолок стал рушиться... и потому я лег на ребенка — уходить было поздно.

— Я сидела на кровати, а моя тринадцатилетняя дочь спала. Неожиданным странным толчком меня сбросило с кровати под стол. Моя дочь также оказалась на полу, и нас, охваченных ужасом, задышающих от пыли, быстро засыпало кирпичом.

— Проснулся от сотрясения. Одна стена упала на мать, внутрь дома, другая — в сторону от меня. Крыша свалилась и лежала на земле. В нашем и соседнем доме погибло 60–70% жителей.

Такое происходило почти во всем городе и в десятках соседних населенных пунктов. С той лишь разницей, что под обломками кирпичных и каменных домов живых не оставалось.

Вместо прозрачной звездной ночи стояла непрозрачная молочно-белая стена, а за ней ужасные стоны, вопли, крики о помощи.

В нескольких местах вспыхнули пожары. Электричества нет, телефоны умолкли, радиостанция и телеграф разрушены. Аэродром и железная дорога повреждены и не функционируют. Любая связь внутри города с ближайшими населенными пунктами и с внешним миром отсутствует. Никто ничего не знает о положении в соседних домах и кварталах. Нет способа подать сигнал бедствия.

В одной из воинских частей на слабо пострадавшей (западной) окраине города безвестный радист с трудом включает аварийное освещение, на-

* Первую публикацию этих материалов см.: Вестник ОГПТН РАН. 1998. №2(4). С.10–16.

** Здесь и далее курсивом выделены выдержки из сообщений, воспоминаний и телеграмм.

лаживает радиосвязь, передает в эфир сообщения о землетрясении. Связь прерывается, он сбивается. По его оценкам, город пострадал на 10%. Сведения принимает Ташкент. На аэродроме израненный бортмеханик москвич Ю.Дроздов добирается во тьме до пассажирского самолета «ИЛ-12» и через бортовую радиостанцию посылает в эфир весть о бедствии. Сигнал приняли связисты Свердловского аэропорта.

Спустя два часа после события генерал армии И.Е.Петров, командующий Туркестанским военным округом, находясь в Ташкенте, узнает о землетрясении, произошедшем в Ашхабаде. Ночью же он посылает в Москву главнокомандующему сухопутными войсками маршалу И.С.Коневу телеграмму: *В ночь с 5 на 6 октября в Ашхабаде произошло сильное землетрясение. Никаких связей с Ашхабадом нет. По отрывочным данным, имеются сильные разрушения и жертвы. В 9 ч 30 мин местного времени вылетаю самолетом на место происшествия. Подробности донесу.*

Реальной картины катастрофы не знает никто.

В кромешной тьме, в плотной завесе повсеместной пыли случайно спасшиеся, сумевшие выбраться из-под развалин люди судорожно откапывают голыми руками наощупь родных и близких в развалинах своих и соседних домов.

Местами появляются костры. В их неверном свете нужно оказывать помощь, но под рукой ничего нет. Толчки продолжаются. Продолжаются крики о помощи, стоны. Множество раненых и засыпанных все еще живы. Ребятишки оставались в кроватках, число жертв среди них ужасающее.

Перед рассветом еще один сильный толчок в VII–VIII баллов придавливает заваленных обломками. Рано утром на всей территории бывшего города стоит жуткая тишина, нарушаемая плачем и стонами, слышать которые почти некому.

Утром ЦК КП(б) Туркменистана (его члены, заседавшие ночью в антисейсмически построенном здании, не пострадали) создает республиканскую комиссию. Включенный в нее генерал Петров тут же вызывает воинские части из соседних гарнизонов.

Город оказался беззащитным. Исчезла милиция. Все центральные, районные и местные учреждения уничтожены. Оставшиеся в городе люди оказались в полной изоляции.

Сохранились стоявшие в легких фанерных гаражах автомашины, в основном грузовики. Ответственные работники собираются по собственной



Полностью разрушенный квартал частных одноэтажных домов из необожженного кирпича. Фото с самолета (снимок из фильма Р.Кармена, 1949 г.).

инициативе у здания ЦК. Получив указания первого секретаря Ш.Батырова, они разъезжаются по городу. По распоряжению республиканской комиссии группа связи выезжает за город, находит место, где телефонная линия не оборвана, и при помощи подвешенного телефонного аппарата связывается с ближайшим городом Мары, сообщает о ситуации, вызывает помощь.

Из поврежденного здания тюрьмы выбираются заключенные; в разрушенном отделении милиции находят оружие, пулемет и, переодевшись в милицмейскую форму, отправляются грабить магазины. Начинают с винного отдела гастронома.

В 8 ч утра по московскому времени (т.е. спустя девять часов после землетрясения) сообщение о катастрофе доходит до Правительства СССР. О событии сообщают в Геофизический институт. Через час проявлены и предварительно обработаны ленты сейсмографов станции «Москва». Эпицентр определяется на территории Ирана, в 80 км южнее Ашхабада (это грубая ошибка!), сам толчок признается разрушительным.

...секунд было достаточно, чтобы уничтожить большой город [и десятки окрестных селений, но об этом еще неизвестно] и убить десятки тысяч людей.

Все больницы и госпитали разрушены. Спасшиеся профессора Мединститута Б.Л.Смирнов, Г.А.Бебуришвили, М.И.Мостовой, И.Ф.Березин, В.А.Скавинский и другие на площади Карла Маркса оперативно организуют самодеятельный госпиталь. С помощью младшего медицинского персонала и студентов в развалинах клиники откопали хирургические инструменты и шелк, в развалинах аптеки собрали бинты, йод, вату, спирт, из-

под развалин учреждения вытащили канцелярские столы и, составив их по два, начали хирургические операции. Наркоза хватило лишь на несколько операций. Остальных пострадавших студенты крепко удерживали руками.

Сотни раздавленных, разорванных людей с такими страшными ранами, каких и на фронте не было... Когда ноги хирургов начинали скользить в крови, столы переносили на новое место.

Площадь полна кричащих и стонущих раненых. Ашхабадские медики работают весь день до темноты без перерывов. К вечеру рядом разворачивают полевые госпитали врачи из Баку и Ташкента. Операции продолжают при свете автомобильных фар. Из Москвы вылетает свыше 100 квалифицированных медицинских работников.

Из прибывших войсковых подразделений организуются патрули. По городу начинают разезжать первые грузовики с хлебом из военных пекарен.

Вывавшиеся на свободу вооруженные уголовники вечером нападают на банк (уцелевший). Военские подразделения отбиваются. Стрельба с пулеметными очередями длится два часа.

Еще одна тяжелая ночь. Продолжаются подземные толчки. Продолжается борьба за жизнь. Люди продолжают умирать.

Борьба со смертью. День второй. Порядок в городе поддерживают военные. Они же восстанавливают связь между главными учреждениями внутри города и с внешним миром.

К развернутым на нескольких площадях города медицинским пунктам отовсюду несут и везут пострадавших. Военные осуществляют сортировку раненых и устанавливают очередность. Тяжелораненых отправляют на временный аэродром, организованный армейскими летчиками на летном поле ДОСААФ. За день удается эвакуировать по возду-

ху почти 1300 человек (накануне 470). Железная дорога не работает.

По счастью, на большей части города не поврежден водопровод, сохранились запасы муки на мелькомбинате. Ее дают всем желающим. Позже начинают раздавать мясо из запасов рухнувшего мясокомбината.

Попытки откопать живых и погибших продолжают в основном силами родственников, но уже подключаются и спасательные команды военных. Они же организуют вывоз трупов. Начинают действовать отряды самозащиты от мародеров.

В непрерывном режиме работают 12 хирургических бригад военных врачей и девять гражданских.

Руководители ряда предприятий и учреждений собирают уцелевших сотрудников и пытаются организовать коллективные действия по спасению людей и имущества. Городская электростанция начинает давать ток. К вечеру включают первые 60 ламп уличного освещения. На развалинах аптек создаются пять аптечных пунктов.

Но в многочисленных кварталах индивидуальной застройки, куда еще не добрались спасательные команды, под развалинами рухнувших домов продолжают задыхаться и гибнуть тысячи людей. Откопав погибших, родственники хоронят их прямо во дворах.

Массовое горе и потерянности. Массовый героизм и самопожертвование.

В газете «Правда» появляется первое официальное (спустя 30 ч) сообщение ТАСС: *...произошло землетрясение силой до IX баллов... В г. Ашхабаде имеются большие разрушения... Разрушено большое количество жилых домов. Имеется много человеческих жертв.*

Между тем уже накануне по внутренней военной связи в Москву было сообщено, что *город в катастрофических развалинах.*

Фактически руководство республики уже тогда знало от разосланных на автомашинах помощников о полном разрушении Ашхабада, абсолютном параличе всех учреждений и предприятий, об общем масштабе катастрофы.

Эту правду знал геолог академик Д.В.Наливкин, живший у первого секретаря ЦК КП(б) Туркмении Батырова, знал ее, конечно, и сам глава республики.

Из телеграммы, направленной вечером в ЦК ВКП(б): *...определено шесть мест захоронения. На рытье могил работало только военных 1200 человек. За день собрано 5300 трупов и свезено к местам захоронения... 3000 трупов не опознаны...*

О том, что сила землетрясения достигла X баллов, площадь



Разрушения в поселке Куру-Гандан, (к юго-востоку от Ашхабада) соответствуют интенсивности землетрясения X баллов.

Фото Г.П.Горшкова

IX-балльной зоны приблизилась к 1000 км², что городские постройки разрушены на 98%, а число погибших составило десятки тысяч, как и о том, что были практически уничтожены десятки населенных пунктов вокруг столицы республики, — обо всем этом узнали позже.

День третий. Город оцеплен войсками, введен комендантский час и особое положение. Специальные воинские команды ездят по городу. Солдаты в противооперитных костюмах и противогазах откапывают и собирают сложенные вдоль улиц и на площадях трупы. Их свозят ко рвам (братским могилам) около бывшего Сельхозинститута и за городом. Погибших не успевают хоронить. Трупов в городе *так много и запах так ужасен, что по некоторым улицам... невозможно... идти.*

В жилых кварталах уцелевшие продолжают разборку руин своих бывших жилищ, выносят из развалин кирпичи, балки, доски — любые пригодные для сооружения будущих временок остатки. Все еще откапывают живых и мертвых.

По городу ездят машины, с которых раздают продукты и одеяла. Во дворах на кострах и мангалах (железных печурках) кое-где уже готовят пищу.

На центральных площадях присланные бригады медиков беспрерывно оперируют пострадавших. На улицах не убывают груды человеческих тел.

Изредка хлопают выстрелы. Это военные патрули пристреливают на месте мародеров. На одной из улиц военный патруль, возглавляемый полковником Красной армии, останавливает группу подозрительных лиц. На требование предъявить документы человек в милицейской форме стреляет в полковника в упор. Так гибнет сын генерала Петрова, командующего Туркестанским военным округом, героя Великой Отечественной войны.

Толчки небольшой силы продолжают весь день. Многие вздрагивают и пугаются, часть же людей перестает на них реагировать.

Облет города ответственными работниками. *Картину более полного разрушения невозможно себе представить.* По оценке генерала Петрова, такое разрушение может возникнуть в результате непрерывного метания снарядов 500 бомбардировщиками в течение полугода.

Весь день идет эвакуация тяжелораненых по воздуху. За день увозят 2000 человек. Вся дорога от города до аэродрома забита тяжелоранеными. Многие умирают, не дождавись отправки. Восстанавливается движение на железной дороге, осуществляется выезд пострадавших по специальным пропускам (с подпиской о неразглашении).

Работники почт и телеграфа, бригады оказания помощи располагаются в садах под деревьями и начинают принимать людей. Возникает уличная торговля. У всех важных объектов — военная охрана.

День пятый. Продолжают прибывать медики (в общей сложности задействовано до 1000 человек), полным ходом по железной дороге и по воздуху идет эвакуация тяжелораненых и пострадав-



Состав из пустых (!) цистерн на перегоне вблизи станции Анау был сброшен с рельсов резким боковым толчком к западо—северо—западу, тогда как стоявший на станции Анау пассажирский поезд остался на пути (хотя пассажиры попадали с полок). 1948 г.

Фото С.В.Медведева

ших. Медицинский персонал организует обеззараживание и обработку возможных очагов инфекции. Вводится санитарный контроль над водными источниками и пищевыми продуктами. Трупного запаха почти не чувствуется.

Работники органов внутренних дел (в основном прибывшие) обходят дворы и регистрируют уцелевших и, насколько возможно, погибших. Деятельность ряда учреждений осуществляется на открытом воздухе под деревьями. Выдаются отпечатанные на машинке талоны на продукты, начинается выдача зарплаты (банки уцелели), открываются торговые точки. Все работоспособные начинают из обломков строить на своих участках временки. Действует временный суд, немедленно рассматривающий дела преступников.

В газете «Правда» несколько дней подряд публикуются сообщения о помощи населению, пострадавшему от землетрясения в г.Ашхабаде. О самом землетрясении и последствиях — ни строчки.

Помощь действительно приходит в больших размерах. Из союзного бюджета Совету министров Туркменской ССР выделено 25 млн руб., из них 10 млн — для выдачи единовременных пособий особо нуждающимся. Отправляются десятки тысяч тонн продуктов и товаров. Только за один день из Москвы вылетели четыре самолета с необходимыми специалистами, с 700 кг крови и 1600 кг продовольствия, еще 20 самолетов доставили оборудование, аппаратуру и имущество для организации службы связи. Основные грузы поступают из соседних республик.

Седьмые—восьмые сутки. Полным ходом идут организационно-спасательные работы, в пределах города подается электричество, в чрезвычайном режиме функционируют службы коммуникации. На разборке завалов задействовано до 25 тыс. военнослужащих. Врачи на площади Карла



Под развалинами разрушенных зданий погибли десятки тысяч жителей Ашхабада.
turkmenistan.gov

Маркса продолжают операции. Спецотряды откапывают и вывозят трупы погибших.

В Ашхабад прибывает комиссия Академии наук для изучения последствий землетрясения и налаживания работы сейсмической станции (единственный сейсмограф был выведен из строя сразу, при первом ударе). Масштабы разрушений и потерь поражают выдавших виды сейсмологов. Начинается напряженнейшая и ответственная работа в разрушенном городе.

Кинооператор Роман Кармен по поручению И.В.Сталина снимает фильм о практически полностью разрушенном городе — в основном о героизме людей и пришедшей разносторонней помощи. Но на экраны фильм не выпускают, и он на 30 лет остается в архиве. Начинают работать кинопередвижки. Показывают «Молодую гвардию».

Только в 2017 г. на телевизионном канале «Культура» в серии «Рассекреченная история» был выпущен новый фильм «Ашхабадское землетрясение»*. В нем воспроизведен обширный изобразительный материал, в том числе и фрагменты фильма Кармена.

В «Правде» публикуется большая статья «Изучение землетрясений в Советском Союзе». О самой катастрофе в ней несколько строк: *Большое стихийное бедствие постигло Туркмению — цветущую республику братской семьи народов Советского Союза. Землетрясение унесло много человеческих жизней и разрушило большую часть зданий столицы республики...* Заканчивается статья уверенностью в том, что *развитие*

сейсмологии... позволит в будущем предупреждать о приближении землетрясений.

Выходит второе Постановление Совета министров СССР об оказании помощи пострадавшим. Она действительно приходит со всех сторон. В город прибывает до 4 тыс. вагонов с продуктами и товарами первой необходимости.

Происходит массовый отъезд населения из лежащего в развалинах Ашхабада.

Одиннадцатые сутки. В городе начинают выходить газеты. В них — многочисленные примеры героизма, самоотдачи, взаимопомощи, обязательства и рапорты.

Доходит дело и до окрестных районов. Совет министров СССР принимает постановление «Об оказании неотложной помощи колхозам и населению

Ашхабадского и Геок-Тепинского районов». До того помощь шла только в столицу республики. По железной дороге в Ашхабад прибывают около 100 поездов с грузами первой необходимости.

Сейсмическая комиссия Академии наук СССР созывает совещание с предложениями по координации проводимых разными организациями исследований. Через три дня начинает работу Ашхабадская сейсмическая станция. Но важнейшие сейсмические события позади. Комиссия выезжает для обследования окрестностей.

Пятнадцатые—двадцать пятые сутки. Наступают холода. Жилья нет. Появляются слухи о возможных новых толчках. Люди покидают город. По железной дороге уехали 13 тыс. человек.

Только бойцами Туркестанского военного округа захоронено 14 487 трупов. По докладу командующего, *освобождено из-под развалин живых людей 3350; собрано и перевезено раненых в пункты медпомощи и эвакуировано 7340 человек. Откопано материальных ценностей на сумму свыше 300 млн руб.* Гораздо позднее станет известно, что потери имущества достигали 200 млрд руб. Армейские части вместе с остающимися трудоспособными жителями расчищают завалы, строят временки, первоочередные объекты жизнеобеспечения.

Центральные газеты о ситуации в Туркмении молчат. Сообщается о положении в Финляндии, мотокроссе вокруг Москвы, победе советских спортсменов в Польше. Регулярно публикуются рапорты Сталину о трудовых победах.

8 ноября (через месяц) под заголовком «Салют Ашхабада» сообщается о всеобщем праздновании в городе годовщины Великой Октябрьской Социалистической революции.

* tvkultura.ru/video/show/brand_id/31793/episode_id/1507591/video_id/1641465/

Проходят годы. Пять лет спустя. В 1998 г. вспоминает Б.Г.Рулев: *Мы работали тогда на сейсмостанции в поселке Ванновском у Фирюзы. Ашхабад к этому времени был отстроен одноэтажными домиками. Проезжая на машине мимо холмов за городом, услышали ужасный плач и стенания, доносившиеся со стороны темной массы людей вдали от дороги. Это было кладбище жертв Ашхабадской катастрофы. Никогда больше в жизни не слышал такого раздирающего душу плача.*

В 1998 г. вспоминает О.Е.Агаханянц: *Попал я в Ашхабад впервые в 1953 г. Тогда еще в ближайшем к вокзалу окружении там все было в развалинах. Но моя попытка сфотографировать то, что виделось, успехом не увенчалась... Русский милиционер потребовал документы... Милиционер внимательно прочитал письмо (с просьбой содействовать сбору фотоматериалов), вернул мне со вздохом документы и грустно сказал лишь: «Строго запрещено».*

12 лет спустя. В 1998 г. вспоминает П.В.Федоров: *В один из приездов в Ашхабад разговорился с инженером-строителем, занятым на восстановлении города. Я ему говорю: «Цемент у вас на стройках воруют». Он мне: «Знаю».*

25 лет спустя. В городе проводится научная сессия в связи с годовщиной катастрофы. Директор туркменского архива москвич А.В.Головкин, приехавший в 1948 г. в Ашхабад по направлению, да там и оставшийся, прорывает информационную блокаду и излагает публично результаты архивных изысканий, в том числе и о количестве жертв, призывает сейсмологов использовать архивы.

30 лет спустя. В Туркмении официально поминуют день катастрофы. В газетах публикуются воспоминания, информационные материалы. Проводится сессия Академии наук в память о событии. В печати всплывает число — 110 тыс. погибших. Говорят о памятнике жертвам. Ашхабадцы вносят на него деньги. В городе еще много временок и бараков, где живут потерявшие кров люди.

Годом раньше выходит первая (не сейсмологическая) книга о катастрофе, с широким использо-

ванием различных партийных архивов и с партийными же оценками*.

50 лет спустя. В столице Туркмении строятся 12- и 16-этажные дома. Очевидцев остается очень мало. Память о трагедии уходит с поколениями. Но 6 октября объявляется в Туркменистане Днем поминовения. Открывается величественный памятник жертвам землетрясения. Газеты публикуют воспоминания.

Но научной книги о катастрофе нет. Нет книг, обобщающих огромный опыт организационно-спасательных работ, практику медицинской помощи в необычных даже для военного времени условиях, принципы административно-хозяйственной деятельности в восстановительный период. Отсутствуют публикации с анализом реальных социальных и экономических последствий Ашхабадской трагедии, ее медицинских и психологических воздействий на массы населения. В существующих инструкциях для спасателей и служб реабилитации, в руководствах по оценке сейсмического и сопутствующего риска по-настоящему не учтены конкретные уроки этого события. Одним словом, реальный опыт (положительный и отрицательный), полученный от катастрофы и организованной борьбы с ее последствиями, не извлечен и, соответственно, не реализуется в подготовке к возможным будущим событиям.

Причины этого, с одной стороны, в былой секретности самого события, в ориентации на выносливость и героизм людей, а с другой — в уповании на могущество централизованной государственной машины. А проще — извечное «авось» и «пока гром не грянет».

Теперь нас спасает МЧС. Однако, не мобилизовав знаний о крупнейших землетрясениях века и опыте борьбы с ними, работники этой службы, как и население сейсмически опасных регионов, не смогут встретить в надлежащей готовности катастрофы грядущие. Между тем риск подобных событий возрастает. В том числе и в России. ■

* Клычмурадов КК. Ашхабадское землетрясение и помощь народов СССР. Ашхабад, 1977.

Ashgabat Disaster of 1948. Lessons to Remember

A.A.Nikonov

Schmidt Institute of Physics of the Earth, RAS (Moscow, Russia)

On the occasion of the 70th anniversary of the earthquake of 1948 — the largest seismic accident in the history of the Russian Empire and the USSR — the most important facts that have remained inaccessible to the public for decades have been republished. On the basis of eyewitness memories and documents, a chronicle of events in the destroyed city and the organization of the nationwide support are given. The question of the existence of several groups of earthquake precursors is summarized. The necessity not only to remember the disaster is stressed, but also the necessity to draw lessons from it for various fields of the current reality.

Keywords: Ashgabat earthquake, 1948, consequences of seismic disaster, retro-forecast, eyewitness memories, chronicle of events, organization of assistance.

Тигры на Хехцире: условия и перспективы существования

кандидат биологических наук К.Н.Ткаченко

Институт водных и экологических проблем ДВО РАН (Хабаровск, Россия)

e-mail: carnivora64@mail.ru

На основе материалов, собранных в 1992–2007 и 2013–2018 гг., описан образ жизни тигра (*Panthera tigris*) на островном хребте Хехцир. Приведены примеры поведения (охота, отношение к человеку) конкретных тигров, типов убежищ и др. Этот хищник способен обитать в густонаселенной местности, не вступая в конфликт с человеком, если есть обширный охраняемый лесной массив, где поддерживается высокая численность копытных. Группировка тигров на Хехцире может поддерживаться только за счет зверей, приходящих с Сихотэ-Алиня. Будущее тигра на Хехцире зависит не только от обстановки, складывающейся на этой территории, но и от состояния сихотэ-алиньской популяции хищника.

Ключевые слова: тигр, Хехцир, Большехехцирский заповедник, густонаселенная местность.

На Хехцире тигры (*Panthera tigris*) обитают в условиях относительной изоляции. Проникают они на этот островной хребет с Сихотэ-Алиня, от ближайших отрогов которого он отделен полосой в 50–75 км преимущественно заболоченных равнин [1]. Кроме того, Большехехцирский заповедник, расположенный в западной части Хехцира, окружен многочисленными населенными пунктами, сельскохозяйственными землями, дорогами, нередко граничащими с ним дачами. В 15 км к севе-

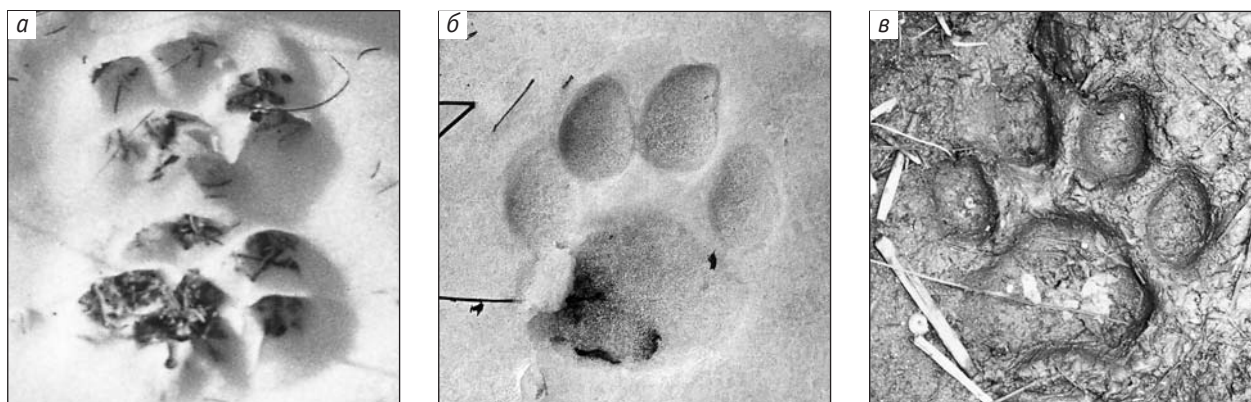
ру от заповедника находится г.Хабаровск. Через глубокое понижение, которое разделяет Хехцир на Большой и Малый (занимаемый заказником «Хехцир»), пролегают оживленные магистрали Хабаровск—Владивосток — автодорожная и железнодорожная. На Хехцире пригодные для тигра местообитания находятся в густонаселенной местности, но и в такой обстановке тигр может существовать, охотясь на диких животных и избегая контактов с человеком. Ситуация стремительно меняется, зачастую в худшую сторону, что может поставить под вопрос присутствие тигра на Хехцире.

© Ткаченко К.Н., 2018



Тигрица Трехпалая и ее тигрята. Тигровый грот в междуречье Цыпа—Одыр. 26 октября 2000 г.

Здесь и далее фото автора



Следы Трехпалой: *а* — отпечаток еще не трехпалой правой задней лапы тигрицы (гребень отрога у скальных останцов Ворони Камни. 20 ноября 1992 г.); *б* — небольшое искривление в правую сторону переднего края отпечатка подушечки третьего пальца на следе передней левой лапы тигрицы (склон отрога, спадающий справа к р.Быкова. 28 декабря 1992 г.); *в* — это же искривление на следе передней левой лапы спустя почти 14 лет (окраина пос.Корфовского. 28 июля 2006 г.)

В 1992–2007 гг. мы выслеживали по отпечаткам лап (тропили) трех взрослых тигров (самку и двух самцов). У обитавшей все это время на Хехцире тигрицы Трехпалой была травмирована правая задняя лапа, что позволило уверенно узнавать ее по следам [2–4]. На отпечатках лап двух самцов никаких примет не было, но идентифицировать этих особей тоже было просто, поскольку они жили на Хехцире в разное время: тигр А — в 1992–2000 гг., тигр Б — в 2003–2004 гг. [4–6]. В 2013–2018 гг. заходили на эту территорию три взрослых тигра (самка и два самца), один из которых (самец Устин) появился в Большехехцирском заповеднике в декабре 2014 г. и тогда же был отловлен.

В 1998–2001 гг. в Большехехцирском заповеднике использовались две пленочные фотоловушки TrailMaster, однако снять тигрицу Трехпалую удалось лишь однажды (26 октября 2000 г.) и некачественно. Она промчалась перед фотоаппаратом, и передняя часть головы оказалась за кадром. Правда, камера запечатлела ее тигрят, которые вышли к ней за несколько минут до прихода матери.

Метки на лапах тигрицы

В 1992 г., когда Трехпалая поселилась в заповеднике, она еще не была трехпалой, поэтому идентифицировать ее следы не всегда удавалось. Задача упрощалась, когда на отпечатках левой передней лапы изредка отмечалась слабозаметная метка — небольшое искривление в правую сторону переднего края отпечатков подушечки третьего пальца (счет от внутреннего пальца, который у кошачьих не опирается на грунт). «Метка» не прорисовывалась на рыхлом снегу (и почти не фиксировалась во время троплений), но ее иногда удавалось рассмотреть на очень четких следах, например на подтаявшем и затем замерзшем снегу в местах длительных лежек тигрицы или на грязи

в теплое время года. Этот признак отмечался в течение всей жизни тигрицы на Хехцире. Впервые отсутствие левого крайнего (внутреннего) пальца на следах правой задней лапы тигрицы было отмечено в январе 1994 г., и с тех пор ее стали называть Трехпалой. Метка была столь четкой [7], что необходимость использования предыдущего признака почти отпала. Искривление переднего края поду-



Двойщиеся следы (отпечатки задних лап располагаются непосредственно перед отпечатками передних) Трехпалой на «минполосе». Внизу снимка виден отпечаток трехпалой правой задней лапы. Правобережная долина р.Быкова. 12 января 1994 г.



Следы левых задней (вверху) и передней лап Трехпалой. Отпечаток подушечки четвертого пальца передней лапы выдается вперед дальше, чем отпечаток подушечки третьего пальца. Протока Амурская в окрестностях с.Осиновая Речка. 9 января 2007 г.

шечки третьего пальца на левой передней лапе — лишнее доказательство того, что в 1992–2007 гг. наблюдения проводились за одной и той же тигрицей. По-видимому, в конце 2005 г. — начале 2006 г. Трехпалая повредила четвертый палец левой передней лапы. Так, отпечаток подушечки четвертого пальца выдавался вперед дальше, чем отпечаток подушечки третьего, хотя в норме наоборот. Подобные метки на следах лап описаны для индийского тигра с территории Королевского национального парка «Читван» в Непале, где их тоже использовали для идентификации особей. Индивидуальные признаки животного могут находиться на любой из лап, но чаще на передних, которые обычно травмируются в драках с другими тиграми или при борьбе с крупной добычей [8].

Образ жизни тигров на Хехцире

Продолжительность наблюдений за тиграми-самцами в силу разных обстоятельств оказалась гораздо короче, чем за тигрицей Трехпалой. Так, тигр А, прожив на Хехцире чуть более семи лет, после первого же нападения на собаку на окраине пос. Корфовского в феврале 2000 г. был убит. Тигр Б спустя год пребывания на Хехцире покинул эту территорию (декабрь 2004 г.), направившись в юго-восточном направлении.

Пятнадцатилетний период жизни тигрицы Трехпалой на Хехцире можно условно разделить на два этапа: 1992–2000 гг. — избегание населен-

ных пунктов и питание дикими животными; 2000–2007 гг. — в рацион, состоящий в основном из диких животных, добавляются собаки, добываемые во время периодических выходов на окраины населенных пунктов.

В 1992–2000 гг. тигрица придерживалась территорий Большехехцирского заповедника и заказника «Хехцир». Ее маршруты пролегли в стороне от населенных пунктов. Например, пос. Бычиху она обходила примерно в полутора километрах. Тигр-самец А не приближался к этому поселку на 5 км. Аналогично вел себя и тигр Б. Лишь автомобильную и железнодорожную магистрали Хабаровск—Владивосток тиграм приходилось преодолевать постоянно. На этом этапе тигрица Трехпалая и тигр А питались преимущественно дикими животными, в основном кабаном и изюбрем. Самец нередко добывал медведей, преимущественно гималайских. В его экскрементах неоднократно находили шерсть, мелкие осколки костей, кожу с подушечек лап и когти гималайского медведя. В фекалиях тигров отмечались шерсть и мелкие обломки костей бурого медведя. Тигры-самцы чаще охотились на взрослых, более крупных животных, Трехпалая — на молодых, более мелких. Только один раз среди жертв отмечена собака (бродячая или одичавшая), убитая Трехпалой в декабре 1994 г. на окраине леса у поля [2, 4]. Тигр Б за время пребывания на Хехцире на домашних животных не охотился.

В 2000–2007 гг. тигрица (из-за ранения в декабре 2000 г. и вследствие старости) стала периодически выходить на дороги, на которых раньше не появлялась, приближаться к населенным пунктам, пасакам, летним лагерям отдыха (ранее пионерские лагеря), дачам, подсобным хозяйствам и заходить на их окраины, охотясь на собак. В тот период частота встречаемости остатков собак в экскрементах Трехпалой составляла 56%, диких животных — 44%. Особенно ярко подобное соотношение отмечалось в зимние сезоны 2000/2001, 2006/2007 гг. и в феврале—марте 2005 г., но не беспрерывно. В теплое время года она редко появлялась на освоенных человеком территориях. В зимние сезоны 2001/2002–2003/2004, 2005/2006 гг. Трехпалая вела типичный для тигра образ жизни [4, 6]: не приближалась к населенным пунктам, основу ее рациона составляли дикие животные. Тигрица всегда оставалась крайне осторожной по отношению к человеку. Даже появление невооруженных людей обращало ее в бегство. Например, 5 марта 2005 г. в три часа ночи в летнем лагере отдыха «Комета» Трехпалая напала на собаку, которая находилась на цепи рядом с будкой, располагавшейся у тыльной стены кирпичного домика. В нем в тот момент были три невооруженных солдата. Услышав шум, они вышли и, обойдя домик, в нескольких метрах от себя увидели неясные очертания крупного зверя, схватившего собаку. Солдаты тут же убежали обратно. Тигрица,

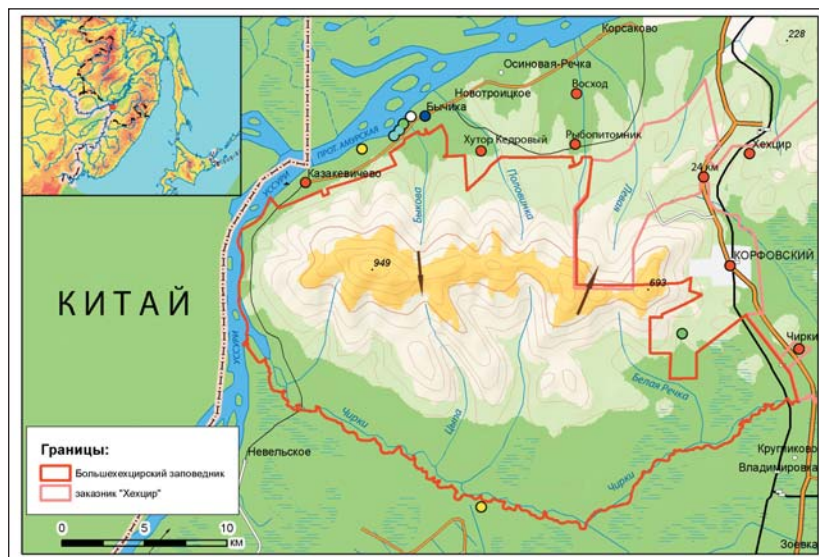


Останки крупной жертвы тигрицы Трехпалой — взрослой самки изюбря. Левобережная долина р.Цыпы. 20 февраля 2002 г.

испугавшись людей, бросила собаку (та осталась жива) и устремилась к лесу. Убегая, Трехпалая через 20 м перепрыгнула забор высотой примерно 1.2 м. Достигнув еще одного забора, она ринулась вдоль него и, обнаружив проем, где не хватало одной штакетины, выбралась с территории лагеря. Этот случай подтверждает, что амурскому тигру агрессивность по отношению к человеку несвойственна [9]. Этот вывод сделан применительно к обычным условиям, но и в непривычной обстановке амурский тигр ведет себя аналогично.

Основной способ охоты тигра — скрадывание от потенциальной жертвы после ее обнаружения до момента атаки. Тигр при этом чередует в разных вариантах обычный и крадущийся шаг, перебежки рысью, остановки (нередко за естественными укрытиями) и лежки с подобранными под тело задними ногами (в позе сфинкса, как говорил Л.Г.Капланов [10]). Иногда на следах вообще незаметно изменения аллюра, остановок и лежек в позе сфинкса, что указывало бы на предстоящую атаку. При каждой охоте неодинаково расстояние, с которого была обнаружена намеченная жертва, а также длина пути скрадывания. Атака тоже происходит с различных дистанций [5, 11–13]. Это иллюстрируют две неудачные

охоты, прослеженные по следам в Большехехцирском заповеднике. В начале декабря 1995 г. на пространстве между р.Пилкой и Золотым ручьем в широколиственном лесу с преобладанием дуба Трехпалая (при ней было два тигренок) охотилась на изюбря-самца. Тигрица с тигрятами шла по противопожарной минполосе (минерализованной, т.е. лишенной растительности) в сторону р.Пилки.



Места удачной и неудачной охоты тигрицы Трехпалой на собак в зимние сезоны 2000/2001, 2006/2007 гг., в феврале—марте 2005 г. и в теплое время года 2001, 2005, 2006, 2007 гг. Красными точками отмечены населенные пункты, желтыми — пасеки, голубыми — летние лагеря отдыха, зелеными — дачи, белой точкой — подсобное хозяйство. Синей точкой отмечено с.Бычиха, на окраину которого тигрица заходила неоднократно (но на собак она при этом не нападала). Стрелками указаны места, где она преодолевала главный водораздел хребта Большой Хехцир.

Она обнаружила (вероятно, учуяла) лежавшего изюбря примерно со 100 м и резко свернула с мин-полосы. При приближении тигрицы к изюбрю, который лежал к ней задом и выше по очень пологому склону, изменения ее аллюра, указывавшего на начало атаки, не отмечено. Так, Трехпалая преодолела 60 м и укрылась с тигрятами за вывороченными корнями упавшего дерева (в этом месте снег был истоптан ими). Отсюда тигрица атаковала изюбря, до которого оставалось 40 м. Он, вскочив с лежки, побежал вверх по склону, но, перепрыгнув по пути валежник, сменил направление, понесся вниз. В конце погони, продолжавшейся 52 м, тигрица сделала два прыжка по стволу осины, лежавшему на земле по ходу ее движения. После второго прыжка она соскользнула со ствола так, что тело ее отпечаталось на снегу по одну его сторону, хвост — по другую. В этом месте Трехпалая прекратила охоту. Выйдя на след изюбря, стояла на нем и, развернувшись в направлении, противоположном его бегству, отошла на полтора метра к дубу, полежала под ним и пошла к тигрятам. Высота снежного покрова в месте охоты 15—35 см.

Вторая охота на изюбря произошла в феврале 1998 г. на левобережье р.Быкова в сильно «захламленном» хвойно-широколиственном лесу. Тигрица спускалась по пологому склону и с 35 м, очевидно, услышала слабый звук, издаваемый пасущимся изюбрем. Она села, потом прошла 10 м обычным шагом и легла в позе сфинкса. Встав, Трехпалая прошла 9 м и бросилась на изюбря, находившегося ниже ее по склону (до него оставалось 16 м). Тигрица влетела в заросли актинидии, что, вероятно, задержало ее. Изюбрь сразу устремился вниз по склону. По пути животные сделали по огромному прыжку, преодолев ствол хвойного дерева, зависший горизонтально земле на высоте 120–140 см. Сделав этот прыжок, тигрица прекратила погоню, которая длилась 30 м, и легла. Затем она направилась в сторону ручья Соснинского. Высота снежного покрова в месте охоты 18–25 см.

Редко кому удавалось наблюдать нападение тигра на добычу из засады [5, 10–12], а Е.Н.Матюшкин* такое поведение хищника не регистрировал вообще [13].

В холодное время года переходы тигров, как правило, не охватывали верхних частей главного водораздела хребта Большой Хехцир и его отрогов выше 500 м над ур.м. [2]. По следам найдено два места, где тигрица изредка преодолевала Большой Хехцир: из бассейна Белой Речки (по

р.Слюдянке) в бассейн р.Левой и из бассейна р.Быкова в бассейн р.Цыпы. В первом случае тигрица была с тремя тигрятами. Вероятно, такие переходы связаны для тигров с большими трудностями, и совершают они их, пока нет глубокого снега. Например, в январе 2002 г., направляясь от истоков р.Быкова вверх и вдоль склона, Трехпалая непосредственно перед главным водоразделом резко повернула прямо на крутой подъем и через 30–50 м легла на выположенной площадке. На этом подъеме, тянувшемся 310–330 м, она ложилась четыре раза (включая первую лежку). Последняя лежка располагалась почти на водоразделе Большого Хехцира. Промежутки между лежками равнялись 50, 30 и 200 м. Она перевалила хребет на высоте примерно 700 м над ур.м., где глубина снега составляла 36–37 см. Далее следы Трехпалой потянулись вниз к р.Цыпе.

Во время троплений тигров постоянно отмечались кратковременные лежки, которые, согласно описанию Матюшкина и Юдакова [14], чаще соответствуют позе, когда передние лапы вытянуты вперед, задние откинута в сторону, голова поднята. Реже можно видеть лежки на боку (на снегу отпечатывается профиль зверя) и в позе сфинкса. В среднем при сходных условиях на маршрутах



Лежка в позе сфинкса самца тигра А. Наледь на р.Быкова, около 700 м ниже кордона «Быкова». 22 февраля 1993 г.

* Евгений Николаевич Матюшкин (1941–2003) — известный зоолог и биогеограф, много внимания уделял биологии хищных млекопитающих и проблемам заповедного дела. В 1990-е годы Матюшкин возглавил коллектив по разработке «Стратегии сохранения амурского тигра в России», по его инициативе зимой 1995–1996 гг. проведен полный учет тигра на территории России.

тигров-самцов А и Б отмечалось восемь кратковременных лежек на 10 км маршрута, что в 1.5 раза больше, чем на маршрутах Трехпалой (пять).

Убежища тигров располагались под скальными навесами, в скальных нишах, под поваленными деревьями (под основанием ствола и со стороны корней), в гайнах кабанов. Аналогичные убежища отмечались и на Сихотэ-Алине другими исследователями [12]. Однажды в январе 2000 г. во время гона тигр-самец А и Трехпалая, находясь вместе, отдыхали внутри лежавшего на земле ствола большого пустотелого кедра, вход в который располагался со стороны корней. Также они долго лежали и у входа в это укрытие: снег перед ним сильно обтаял и обледенел. Некоторые убежища особенно привлекали тигров. Так, Тигровый грот в междуречье Одыр—Цыпа и нишу в скальном останце на гребне отрога между ручьем Соснинским и р.Быкова Трехпалая посещала многократно, приводила к ним тигрят; использовали их и оба тигра-самца.

Трехпалая трижды приносила потомство (1995, 1998, 2000). О появлении тигрят узнавали по следам на снегу в ноябре или декабре, когда им было уже примерно по шесть месяцев. В 2000 г. о том, что у тигрицы появилось потомство, стало известно до установления устойчивого снежного покрова, в октябре, с помощью фотоловушки [3, 7]. В Сихотэ-Алинском заповеднике данные радиослежения позволили более точно определить интервалы между родами, количество тигрят в выводках, даты их рождения и местонахождение выводковых убежищ. Такая детализация наблюдений за тиграми, снабженными радиоошейниками, возможна благодаря тому, что они проводятся непрерывно длительное время, включая теплый период года [15].

В экскрементах тигров, собранных во время троплений, обнаружены членики и стробилы без головок цестоды рода *Taenia*, а в фекалиях тигра-самца А — четыре экземпляра нематоды *Toxocara mystax* [2, 16].

Последний раз свежие следы Трехпалой отмечены в июне 2007 г. на пасеке, расположенной в левобережной долине р.Чирки немного выше устья р.Одыр (правый приток р.Чирки). По-видимому, она умерла от старости в возрасте 17–18 лет.

О тиграх, заходящих на Хехцир в настоящее время

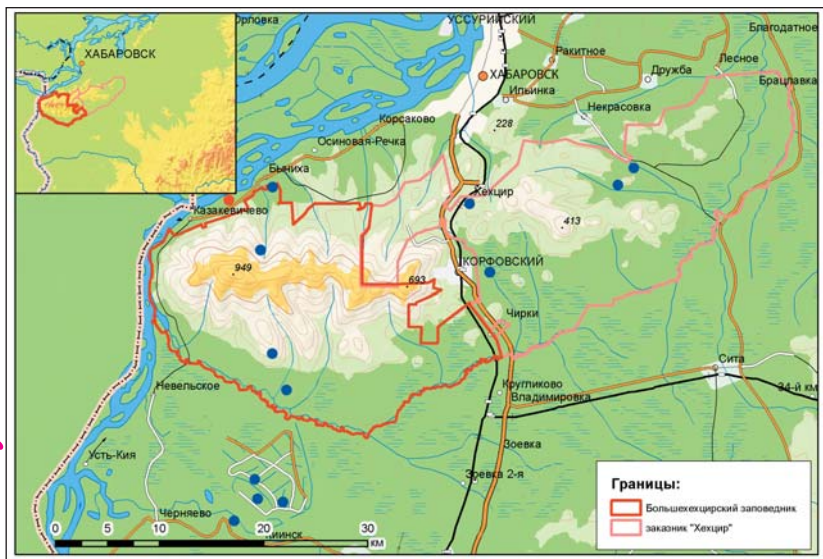
С февраля 2013 г. по настоящее время на Хехцир постоянно заходят два тигра [17, 18] — возможно, они живут здесь уже оседло. Их следы периодически отмечаются вблизи населенных пунктов, а на их окраинах хищники иногда нападают на собак. Например, в ноябре 2017 г. один из тигров прошел вниз по долине р.Малые Чирки всего в 1.3 км от пос. Корфовского. В феврале 2018 г. тигр ночью неудачно охотился на собаку лайку, сидевшую на



Лежка тигра А в скальной нише. Эта ниша неоднократно посещалась как тигром-самцом, так и тигрицей Трехпалой — с тигрятами и без них. Скальный останец на гребне отрога между ручьем Соснинским и р.Быкова. 18 марта 1994 г.



Следы тигрицы Трехпалой (в центре) и двух шестимесячных тигрят. Правобережная долина ручья Золотого в среднем течении. 4 декабря 1995 г.



Синими точками обозначены места встреч следов тигров в 2013–2018 гг. Красной точкой указан пункт, где обитал и был сфотографирован тигр Устин в декабре 2014 г.

цепи около дома, на окраине пос. Хехцир. Ему помешал хозяин собаки. Порой эти животные выходят в несвойственные им биотопы (малооблесенные равнинные пространства) и сельскохозяйственные угодья в междуречье Кия—Чирки. Например, дважды — в июне 2014 г. и июле 2017 г. — тигринные следы регистрировались в 3.2 км к северу от с.Киинск, вытянувшегося вдоль левого берега р.Кии (правый приток р.Уссури).

Несколько подробнее стоит описать заход в Большехехцирский заповедник и его окрестности в декабре 2014 г. тигра по кличке Устин. Его появлению на этих территориях косвенно способствовал человек. Как стало известно из средств массовой информации, он с тигрицей Свет-



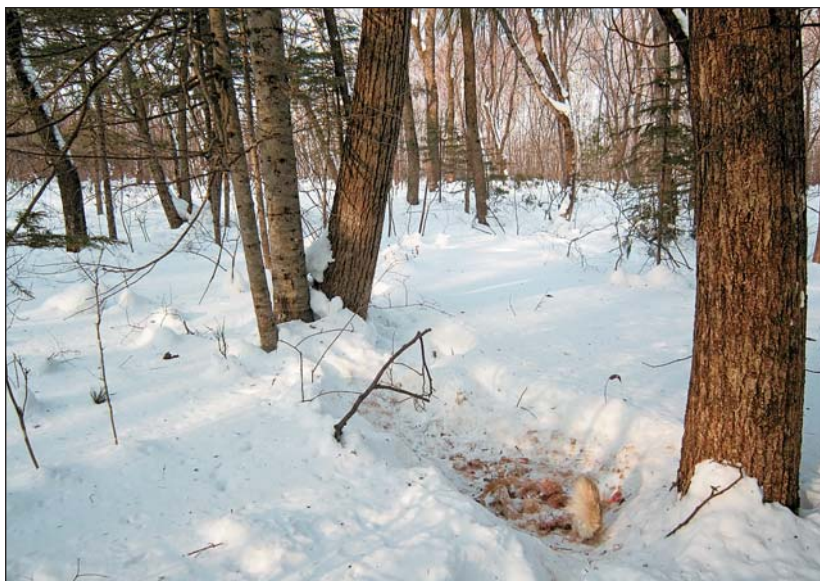
След тигра (внизу) на лыжне, на окраине пос. Хехцир. Вверху слева виден дом, около которого тигр ночью неудачно охотился на собаку-лайку. 21 февраля 2018 г.



След тигра (внизу) на дороге в 3.2 км севернее с.Киинск. Осушительная система в междуречье Кия—Чирки. Вдали виднеется вершина хребта Большой Хехцир. 21 июня 2014 г.

лой в июне 2014 г. был выпущен в природу на территории заказника «Журавлиный» в Еврейской автономной области. Устин начал активно перемещаться в пределах области, постепенно смещаясь на восток, и в ноябре появился в российской части Большого Уссурийского острова (Хабаровский край). Преодолев протоку Амурскую, он побывал в Хабаровске (прошелся по «городскому» берегу) и вернулся на остров. Затем Устин посетил китайскую часть Большого Уссурийского острова и в декабре пришел обратно на российский участок. Отсюда тигр пересек протоку Амурскую и оказался в с. Казакевичево, где его напугали пограничники, и убежал на остров (устное сообщение сотрудников заповедника Ю.Н.Кя и В.В.Репяхова). Вновь Устин объявился на правом берегу протоки Амурской 18 декабря немного ниже Казакевичева, в окрестностях визит-центра Большехехирского заповедника, расположенного в долине приустьевой части ручья Соснинского. Тигр находился в заповеднике около девяти суток — и все это время он провел недалеко от визит-центра. Устин задавил трех собак: двух на ближайшей пасеке и одну в с. Казакевичево. Первую крупную собаку (это был кобель лайки) он убил в ночь с 18 на 19 декабря на пасеке в 4 м от крыльца жилого дома и утащил ее в лес. Устин преимущественно волочил собаку (на снегу местами осталась борозда от ее тела), но иногда переходил на прыжки, по-видимому, удерживая жертву на весу в пасти. По ходу движения тигра найден разорванный и окровавленный ошейник с цепью. Длина волока от места добычи собаки до места трапезы составила 230 м. Далее вглубь леса тянулась натоптанная тигром тропа к двум лежкам. Первая кратковременная лежка под толстым кедром находилась в 20 м от места трапезы, вторая — длительная, сильно обледевшая, — в 110 м от него. Устин отдыхал здесь долго, на что указывало большое количество экскрементов.

В лесах окрестностей визит-центра и пасеки обнаружены многочисленные следы и тропы тигра. Он неоднократно выходил на трассу Бычиха—Казакевичево, вплотную подходил к пограничному КПП (с. Казакевичево), нередко бродил по дороге, ведущей от трассы к визит-центру и периодически обследовал территорию последнего. Вечером 26 декабря приблизившегося к нему на 100 м по дороге Устина зафиксировала фотоловушка. Высокий снежный покров в 48–61 см, очевидно, вынуждал тигра часто ходить по дорогам. Возможно, глубокий снег — одна из причин, по которой он так дол-



Место, где тигр Устин поедал собаку, убитую в ночь с 18 на 19 декабря. Правобережье ручья Соснинского. 28 декабря 2014 г.



След тигра Устина (внизу справа) на обочине дороги Бычиха—Казакевичево в непосредственной близости к пограничному КПП (с. Казакевичево). 24 декабря 2014 г.



Тигр Устин спускается по дороге в долину ручья Соснинского к визит-центру Большехехцирского заповедника в последнюю ночь вольной жизни. 26 декабря 2014 г.

го оставался на ограниченной территории. Устин старался избегать встреч с людьми, хотя жил от них в непосредственной близости. Из средств массовой информации стало известно, что Устина отловили 27 декабря вблизи визит-центра и вывезли в Приморский край. От места выпуска в заказнике «Журавлиный» до места отлова в Большехехцирском заповеднике тигр переместился не менее чем на 240 км по прямой примерно за полгода.

Тигр способен обитать в густонаселенной местности, не вступая в конфликт с человеком, если есть обширный охраняемый лесной массив (даже ограниченный), где поддерживается высокая численность копытных. И только ухудшение физического состояния хищников (ранение, болезнь, старость) может привести к конфликтам между ними и людьми. Но при снижении численности копытных тигр вынужден включать в свой рацион домашних животных. Существует мнение, что нападения на них характерны для молодых и неместных особей [11]. Однако недавно поселившиеся на Хехцире тигры, за которыми велись наблюдения в 1992–2007 гг., на домашних животных не

охотились. При этом вновь появившиеся на этой территории тигры (2013–2018) периодически убивают собак на окраинах населенных пунктов. Возможно, это проявление индивидуальных особенностей поведения конкретных особей.

На Хехцире тигры постоянно выходят за пределы охраняемых территорий (Большехехцирский заповедник, заказник «Хехцир»). Во время таких «путешествий» звери могут быть убиты браконьерами. В последние годы существование тигра на Хехцире сильно усложняется из-за уменьшения площади лесов в окрестностях заповедника и заказника (и в самом заказнике) при расширении границ населенных пунктов, освоении земель под дачи, прокладке газопроводов и линий электропередачи. В настоящее время немного восточнее автомобильной магистрали Хабаровск–Владивосток строится новое шоссе, пересекающее хребет Малый Хехцир (территория заказника «Хехцир»). Но не только от обстановки на Хехцире зависит существование тигра на этой территории. Есть и другая, не менее важная причина. Группировка тигра на Хехцире может существовать только за счет особей, заходящих с Сихотэ-Алиня. Поэтому если сихотэ-алинская популяция тигра будет процветать, то и на Хехцир тигры будут периодически заходить (или жить там постоянно). Именно с середины 1980-х годов, когда на Сихотэ-Алине численность тигра стабилизировалась на относительно высоком уровне и шел процесс расселения [19], отдельные особи тигра стали периодически заходить и селиться на Хехцире. Но при неблагоприятном развитии событий, особенно в основном ареале амурского тигра на Сихотэ-Алине, даже заходы тигров на Хехцир могут прекратиться. Е.Н.Матюшкин в начале 1970-х годов подчеркивал: «А как можно представить себе будущую “нишу” тигра в быстро и неуклонно преобразующейся среде? Ответ зависит от событий, происходящих сегодня» [9, с.82]. Это написано более 40 лет назад, но актуально и в настоящее время. ■

Автор благодарен сотрудникам Большехехцирского заповедника, помогавшим в 1992–2007 гг. тропить тигров: В.Ю.Хисматулину, А.М.Долгих, Б.И.Горбачеву, И.И.Щербакову, С.В.Иванову, Н.П.Коновалову, А.Б.Наземных, а также А.В.Остроухову (ИВЭП ДВО РАН, Хабаровск), оказавшему помощь в изготовлении карт.

Литература / References

1. Васильев Н.Г., Матюшкин Е.Н., Купцов Ю.В. Большехехцирский заповедник. Заповедники Дальнего Востока СССР. Заповедники СССР. Ред. В.Е.Соколов, Е.Е. Сыроечковский. М., 1985; 130–146. [Vasil'ev N.G., Matyushkin E.N., Kupcov Yu.V. Bolshehekhtsirsky Nature Reserve. Reserves of the Far East. Reserves of the USSR. Sokolov V.E., Syroechkovsky E.E. (eds). Moscow, 1985; 130–146. (In Russ.).]
2. Ткаченко К.Н. Тигр, *Panthera tigris* (Carnivora, Felidae), в Большехехцирском заповеднике (Хабаровский край). Зоол. журн. 1996; 75(11): 1729–1736. [Tkachenko K.N. Tiger, *Panthera tigris* (Carnivora, Felidae), at the Bolshehekhtsirsky Nature Reserve (Khabarovsk territory). Zoologicheskij Zhurnal. 1996; 75(11): 1729–1736. (In Russ.).]
3. Ткаченко К.Н. Кошачьи (Carnivora, Felidae) Большехехцирского заповедника. Амурский зоол. журн. 2009; 1(3): 275–280. [Tkachenko K.N. Felids (Carnivora, Felidae) at the Bolshehekhtsirsky Nature Reserve. Amurskij Zoologicheskij Zhurnal. 2009; 1(3): 275–280. (In Russ.).]

4. Ткаченко К.Н. Особенности питания амурского тигра *Panthera tigris altaica* (Carnivora, Felidae) в густонаселенной местности (на примере Большехехцирского заповедника и его окрестностей). Изв. РАН. Сер. биол. 2012; 3: 336–345. [Tkachenko K.N. Specific features of feeding of the Amur tiger *Panthera tigris altaica* (Carnivora, Felidae) in a densely populated locality (with reference to Bolshekhkhtsirsky Nature Reserve and its environs). Biology Bulletin. 2012; 39(3): 279–287.]
5. Ткаченко К.Н. Об исчезнувших тиграх Хехцира. Природа. 2012; 2: 57–62. [Tkachenko K.N. On disappeared tigers of Khkhtsir. Priroda. 2012; 2: 57–62. (In Russ.).]
6. Ткаченко К.Н. Особенности поведения амурского тигра *Panthera tigris altaica* (Carnivora, Felidae) в антропогенной среде. Бюл. МОИП. Отд. биол. 2016; 121(3): 12–19. [Tkachenko K.N. Behavior specifics of the Amur tiger *Panthera tigris altaica* (Carnivora, Felidae) in the anthropogenic environment. Bulletin of Moscow Society of Naturalists. Biol. Ser. 2016; 121(3): 12–19. (In Russ.).]
7. Ткаченко К.Н. Тигры на Хехцире. Природа. 2004; 1: 37–41. [Tkachenko K.N. Priroda. 2004; 1: 37–41. (In Russ.).]
8. McDougal C. You can tell some tigers by their tracks with confidence. Riding the Tiger: Tiger Conservation in Human-dominated Landscapes. Seidensticker J., Christie S., Jackson P. (eds). Cambridge, 1999; 190–191.
9. Матюшкин Е.Н. Тигр и человек — проблемы соседства. Природа. 1973; 12: 82–88. [Matyushkin E.N. Tiger and man — the problem of the neighborhood. Priroda. 1973; 12: 82–88. (In Russ.).]
10. Капланов Л.Г. Тигр в Сихотэ-Алине. Тигр. Изюбрь. Лось. 1948; 14(29): 18–49. [Kaplanov L.G. Tiger in the Sikhote-Alin. Tiger. Red deer. Moose. 1948; 14(29): 18–49. (In Russ.).]
11. Животченко В.И. О питании амурского тигра. Хищные млекопитающие. М., 1981; 64–75. [Zhvotchenko V.I. On the food of the Amur tiger. Predatory mammals. Moscow, 1981; 64–75. (In Russ.).]
12. Юдаков А.Г., Николаев И.Г. Экология амурского тигра. М., 1987. [Yudakov A.G., Nikolaev I.G. Ecology of the Amur tiger. Moscow, 1987. (In Russ.).]
13. Матюшкин Е.Н. Приемы охоты и поведение у добычи амурского тигра. Бюл. МОИП. Отд. биол. 1991; 96(1): 10–27. [Matyushkin E.N. Hunting techniques and behavior in the extraction of the Amur tiger. Bulletin of Moscow Society of Naturalists. Biol. Ser. 1991; 96(1): 10–27. (In Russ.).]
14. Матюшкин Е., Юдаков А. Следы амурского тигра. Охота и охотничье хозяйство. 1974; 5: 12–17. [Matyushkin E., Yudakov A. Traces of the Amur tiger. Ohota i ohotnich'e hozyajstvo. 1974; 5: 12–17. (In Russ.).]
15. Керли Л.Л., Гудрич Дж.М., Николаев И.Г. и др. Репродуктивные показатели у самок амурских тигров в дикой природе. Тигры Сихотэ-Алинского заповедника: экология и сохранение. Владивосток, 2005; 61–69. [Curley L.L., Goodrich J.M., Nikolaev I.G. et al. Reproductive rates in females of Amur tigers in the wild. Tigers at the Sikhote-Alin Reserve: ecology and conservation. Vladivostok, 2005; 61–69. (In Russ.).]
16. Трускова Г.М., Посохов П.С., Кикоть В.И. и др. Кишечные гельминты хищных млекопитающих Приамурья. Дальневосточный журнал инфекционной патологии. 2003; 2: 92–95. [Truskova G.M., Posokhov P.S., Kikot V.I. et al. Intestinal helminths of predatory mammals of the Amur River region. Dal'nevostochnyj zhurnal infekcionnoj patologii. 2003; 2: 92–95. (In Russ.).]
17. Ткаченко К.Н. Новые заходы амурских тигров (*Panthera tigris altaica* Temminck, 1844) на хребет Хехцир (Хабаровский край). Амурский зоол. журн. 2014; 6(3): 317–318. [Tkachenko K.N. New visits of tigers (*Panthera tigris altaica* Temminck, 1844) to the Khkhtsir Ridge (Khabarovskii Krai). Amurskij Zoologicheskij Zhurnal. 2014; 6(3): 317–318. (In Russ.).]
18. Ткаченко К.Н. Волк (*Canis lupus*) в Большехехцирском заповеднике и его окрестностях (Хабаровский край). Зоол. журн. 2015; 94(8): 938–943. [Tkachenko K.N. The wolf (*Canis lupus*) at the Bolshekhkhtsirsky Nature Reserve and its surroundings (Khabarovskii Krai). Zoologicheskij Zhurnal. 2015; 94(8): 938–943. (In Russ.).] Doi:10.7868/S0044513415080152.
19. Абрамов В.К., Дунищенко Ю.М., Матюшкин Е.Н. и др. Стратегия сохранения амурского тигра в России. М.; Владивосток, 1996. [Abramov V.K., Dunishchenko Yu.M., Matyushkin E.N. et al. The strategy of conservation of the Amur tiger in Russia. Moscow; Vladivostok, 1996. (In Russ.).]

Tigers on Khkhtsir: Conditions and Prospects of Existence

K.N.Tkachenko

Institute for Water and Ecology Problems, Far Eastern Branch of RAS (Khabarovsk, Russia)

Based on materials collected in 1992–2007 and 2013–2018 the tiger (*Panthera tigris*) lifestyle at the Khkhtsir island ridge is described. Examples on the behavior of specific tigers (hunting, attitudes toward humans), types of shelters, etc., are given. This predator can inhabit densely populated areas without conflicting with humans if there is a vast protected forest area with a high number of ungulates. The grouping of tigers at the Khkhtsir can only be supported by the animals coming from the Sikhote-Alin. The future of the tiger at the Khkhtsir depends not only on the situation developing in this territory, but also on the state of the Sikhote-Alin predator population.

Keywords: densely populated area, tiger, Khkhtsir, Bolshekhkhtsirsky Nature Reserve.

К Северному полюсу на атомном ледоколе «50 лет Победы»

Академик Г.Г.Матишов^{1,2}

¹Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН (Мурманск, Россия)

²Южный научный центр РАН (Ростов-на-Дону, Россия)

e-mail: matisbov_ssc-ras@ssc-ras.ru





В статье отражены результаты научных исследований, проведенных в августе 2017 г. на борту атомного ледокола «50 лет Победы». Показаны особенности ледового режима от кромки льда в Баренцевом море до Северного полюса. Приведены наблюдения за морскими млекопитающими, птицами, фитопланктоном, особенностями гидрохимического режима этой части Арктики. Впервые за многие десятилетия измерено содержание радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr в морской воде в районе Северного полюса и выявлены их низкие концентрации.

Ключевые слова: Арктика, атомный ледокол «50 лет Победы», Северный полюс.

Более 25 лет специалисты Мурманского морского биологического института (ММБИ КНЦ РАН) и Южного научного центра РАН осуществляют научные исследования в арктических морях России, в том числе на атомных ледоколах [1–3].

В августе 2017 г. мне довелось возглавить научную группу в высокоширотной экспедиции на атомном ледоколе «50 лет Победы». Поход к полюсу был посвящен памятной дате: ровно 40 лет назад тем же маршрутом отправился советский атомоход «Арктика», и тогда это было первое покорение Северного полюса на надводном судне. В 1977 г. рейс «Арктики» сравнивали с первым полетом в космос, а вернувшихся на землю моряков встречали как героев.

Наша экспедиция практически полностью повторила маршрут сорокалетней давности. Судно под командованием капитана Д.В.Лобусова вышло из Мурманска 13 августа, отправилось к архипелагу Земля Франца-Иосифа, а оттуда далее на север. Географической точки полюса мы достигли 17 августа — в день 40-летия знакового для всех моряков и полярников события. Плавание к полюсу заняло рекордно малое время: всего 79 часов, это почти вдвое меньше, чем получилось у «Арктики». Так же, как и 40 лет назад, на макушке планеты был поднят флаг страны. На борту ледокола прошла конференция с участием представителей Госдумы, Совета Федерации, госкорпорации «Росатом» и полярников разных поколений. Говорили о судьбах исследователей Арктики, а также о возможностях обеспечения круглогодичной навигации по всей длине Северного морского пути.

По ходу движения проводились научные наблюдения, однако лишь попутные. При таких работах судно обычно не делает специальных остановок и не отклоняется от маршрута для проведения научных работ. Тем не менее для ряда исследований и этого ученым бывает достаточно. Основной целью наших работ стала оценка влияния природных и антропогенных факторов на состояние экосистем высокоширотной Арктики.

© Матишов Г.Г., 2018

Вести из экспедиций



Атомный ледокол «Арктика» на советской почтовой марке.



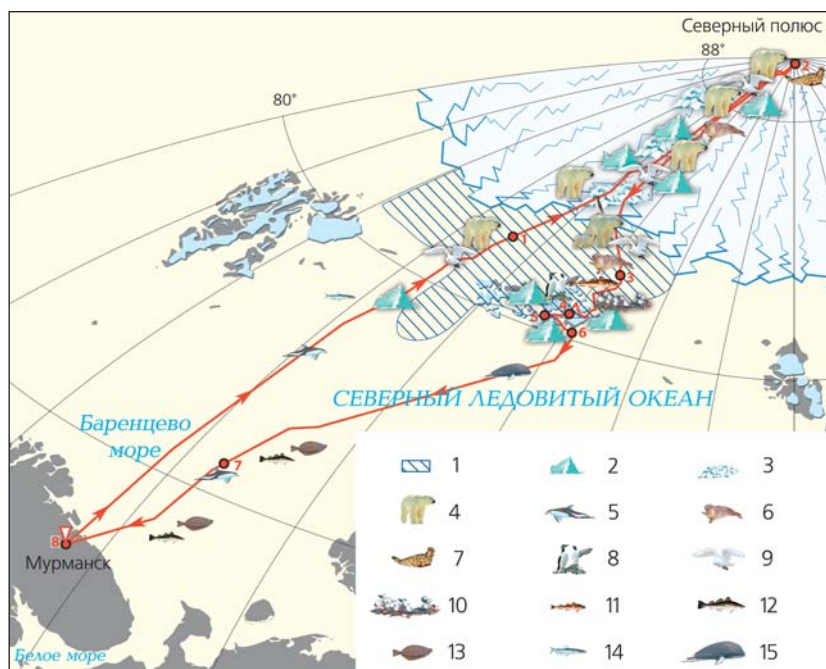
«Арктика» на Северном полюсе (1977 г.).

В ходе рейса были организованы восемь комплексных станций в местах остановок судна. Проведен отбор проб воды для гидрохимических и гидробиологических исследований, осуществлены наблюдения за птицами и морскими млекопитающими, оценено состояние поверхности моря и ледовые условия.

Состояние полярного льда — одна из важнейших тем нашей работы на борту. Мы наблюдали за его сплоченностью и толщиной, разводьями,

торосами, стамухами, снежницами и айсбергами. Сделано более 6 тыс. снимков поверхности льда и айсбергов в океане. Фотофиксацию, а также автоматическое измерение толщины взломанного льда у борта ледокола проводили сотрудники Арктического и Антарктического научно-исследовательского института В.С.Смоляницкий и А.С.Макаров.

Так, по мере приближения к Северному полюсу все больше преобладал многослойный лед 2–3-летнего возраста. Отмечалось сильное торошение, высота торосов местами достигала 3 м. В направлении к полюсу при увеличении сплоченности льда от 1–3 до 9–10 баллов росла и его толщина — от 0.5–0.9 м до 2 м и более. В точке с координатами 87°31'с.ш., 47°10'в.д. в сплошном ледовом поле отношение двухлетнего льда к однолетнему составило 1/5. В разводьях оно оценивалось как 1:1 (87°08'с.ш., 47°12'в.д.). В приполюсных широтах (севернее 85°) встречался сравнительно тонкий (0.2–0.7 м) однолетний лед с торосами. Очевидно, это молодой лед, сформированный в 2017 г. В точке Северного полюса отмечено обширное ледовое поле площадью 20 км² (сплоченность 9–10 баллов) и толщиной до 2 м. Размер таких полей при подходе к полюсу изменялся от 2 до 15 км в диаметре. Севернее 79°с.ш. мы встретили более десятка айсбергов, отколовшихся от выводных ледников архипелагов Шпицберген и Земля Франца-Иосифа. Летом все айсберги находились в стадии активного таяния и раз-



Маршрут атомохода «50 лет Победы» в августе 2017 г. По пути следования выполнялись наблюдения за ледовой обстановкой (1 — сплошные поля битого льда, 2 — айсберги, 3 — торосы) и фиксировались встреченные животные и их скопления (4 — белый медведь, 5 — короткоголовый дельфин, 6 — тюлень хохлач, 7 — кольчатая нерпа, 8 — кайра, 9 — белая чайка, 10 — птичьи базары, 11 — сайка, 12 — треска, 13 — палтус, 14 — мойва, 15 — мертвый кит). Красными точками показаны станции отбора проб.

рушения. Высота их надводной части составляла 3–12 м, а диаметр изменялся от 10 до 50 м.

В результате наблюдений стала ясна реальная картина ледового покрова на вторую половину августа, т.е. на конец летнего сезона. Конечно, наши данные отражают одномоментную обстановку только в самой западной части Арктики, прилегающей к Норвежско-Гренландскому бассейну. Тем не менее такие наблюдения важны для понимания динамики ледового покрова всего Арктического бассейна, особенно для районов, имеющих геополитическое значение для России [4].

Соленость морской воды изменялась от 24.31‰ в Кольском заливе до 35.14‰ в южной части Баренцева моря. В районе полюса она снизилась до 30.42‰. Концентрации радионуклидов* в морской воде в районе полюса были относительно низкими и составили: ^{137}Cs — 2.0 ± 0.2 Бк/м³, а ^{90}Sr — 2.11 ± 0.32 Бк/м³. На остальной обследованной акватории концентрации ^{90}Sr изменялись от 0.72 до 1.84 Бк/м³, причем максимальные значения отмечены в средней части Кольского залива. В настоящее время для открытой акватории Баренцева моря характерны в целом низкие уровни ^{137}Cs и ^{90}Sr [5].

Отбор и фиксацию образцов планктона выполнял автор статьи. Пробы на борту судна сразу же фиксировались нейтральным формалином, а затем концентрировались методом обратной фильтрации через «ядерные» лавсановые фильтры с порами 0.95 мкм. Дальнейшее определение видов и подсчет количественных характеристик проводили А.А.Олейник и П.Р.Макаревич в лаборатории планктона ММБИ КНЦ РАН.

* Измерения удельной активности ^{137}Cs в пробах выполнялись на γ -спектрометрической установке «Canberra» с германиевым детектором, определения ^{90}Sr — на β -радиометре LS-6500 «Beckman». Эти работы, а также определение солености морской воды проводила И.С.Усягина.



Участники экспедиции на Северном полюсе.

Здесь и далее фото автора



Арктический морской лед.



Птичьи базары на берегах архипелага Земля Франца-Иосифа.

Были идентифицированы 70 видов микропланктона, в основном это диатомеи (27), динофлагелляты (24) и инфузории (9). В районе полюса, наряду с пелагическими весенними формами, отмечены клетки перифитонных микроводорослей (видов-обрастателей), в том числе индикатора присутствия многолетних льдов *Melosira arctica*. Численность (3,2–23 тыс. кл./л) и биомасса (36–57 мкг/л) микропланктона оказались здесь относительно

низкими. В проливах Земли Франца-Иосифа установлена относительно высокая численность (2–100 тыс. кл./л) и биомасса (40–196 мкг/л) весенних видов. Среди них доминировали *Chaetoceros socialis*, *Nitzschia frigida*, *Thalassiosira nordenskioeldii* и *Dinobryon balticum*. Максимальные численность и биомасса микропланктона зарегистрированы в южной части Баренцева моря, где отмечено массовое развитие кокколитофориды *Emiliania huxleyi* (≈ 4.3 млн кл./л), составившей около 98% от общего числа клеток. В остальном состав и обилие микропланктона Баренцева моря обычны для летней фазы годового цикла: разнообразно представлены динофлагелляты и инфузории, биомасса которых не уступает биомассе *E. huxleyi*. В Кольском заливе преобладали виды, характерные для этого фьорда в летне-осенний период: свгленовая *Eutreptiella braarudii* и диатомовая *Skeletonema costatum*. Как эти, так и абсолютное большинство прочих видов, отмеченных в заливе, на остальной акватории не встречены. Состав и невысокий уровень обилия соответствуют характеристикам микропланк-



Горбатый кит у борта нашего судна.

тона из так называемой области экотона, существующей на границе южного и среднего колен Кольского залива [1]. Примечательно, что количественные показатели планктонного сообщества в северной части Баренцева моря оказались выше, чем в Карском море [6].

Нам удалось встретить и морских млекопитающих, характерных для высоких широт Северного полушария: тюленя хохлача, кольчатую нерпу, морского зайца, атлантического моржа и горбатого кита. К ледоколу в поисках пищи подходила

белая медведица с медвежатами. Такое нередко случается в районах работы ледоколов на трассе Севморпути [7]. В районе архипелага Земля Франца-Иосифа мы наблюдали один из самых больших по площади в Арктике птичьих базаров, где на отвесных скалах гнездятся моевки, тонкоклювая и толстоклювая кайры и другие птицы.

Атомоход «50 лет Победы» вернулся в Мурманск 23 августа. Рейс, продолживший традицию арктического мореплавания, внес свой вклад в решение ряда глобальных задач в высоких широтах. ■

Работа выполнена в рамках ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014–2020 годы» (проект RFMEFI61616X0073) и государственного задания №01201450487.

Литература / References

1. Макаревич П.Р., Дружкова Е.И. Сезонные циклические процессы в прибрежных планктонных альгоценозах северных морей. Ростов-на-Дону, 2010. [Makarevich P.R., Druzhkova E.I. Seasonal cyclic processes in coastal planktonic algocenoses of the Northern Seas. Rostov-on-Don, 2010. (In Russ.).]
2. Матишов Г.Г., Макаревич П.Р., Моисеев Д.В. Климат и большие морские экосистемы Арктики. Ростов-на-Дону, 2016. [Matishov G.G., Makarevich P.R., Moiseev D.V. Climate and large marine ecosystems in the Arctic. Rostov-on-Don, 2016. (In Russ.).]
3. Матишов Г.Г., Макаревич П.Р., Горяев Ю.И. и др. Труднодоступная Арктика. 10 лет биоокеанологических исследований на атомных ледоколах. Мурманск, 2005. [Matishov G.G., Makarevich P.R., Goryaev Yu.I. et al. Hard-To-Reach Arctic. 10 years biooceanological research on nuclear-powered ice-breakers. Murmansk, 2005. (In Russ.).]
4. Матишов Г.Г., Жичкин А.П. Современные тенденции изменения ледовитости в районе архипелага Земля Франца-Иосифа. Доклады Академии наук. 2017; 472(6): 708–711. [Matishov G.G., Zhichkin A.P. Current trends of ice coverage changes in the Franz Josef Land Archipelago area. Doklady Earth Sciences. 2017; 472(2): 248–251. Doi:10.7868/S0869565217060226.]
5. Матишов Г.Г., Матишов Д.Г., Усягина И.С., Касаткина Н.Е. Многолетняя динамика радиоактивного загрязнения Баренцево-Карского региона (1960–2013 гг.). Доклады Академии наук. 2014; 458(4): 473–479. Doi:10.7868/S0869565214280238. [Matishov G.G., Matishov D.G., Usyagina I.S., Kasatkina N.E. Multiannual variations in radioactive pollution of the Barent-Kara Region (1960–2013). Doklady Earth Sciences. 2014; 458(2): 1249–1255. Doi:10.1134/S1028334X14100092.]
6. Флинт М.В., Полярков С.Г. Комплексные исследования экосистемы Карского моря (128-й рейс научно-исследовательского судна «Профессор Штокман»). Океанология. 2015; 55(4): 723–727. Doi:10.7868/S0030157415040073. [Flint M.V., Poyarkov S.G. Comprehensive research on the Kara Sea ecosystem (128th cruise of Research Vessel Professor Shtokman). Oceanology. 2015; 55(4): 657–659. Doi:10.1134/S0001437015040074.]
7. Матишов Г.Г., Челинцев Н.Г., Горяев Ю.И. и др. Оценка численности белого медведя (*Ursus maritimus*) по данным многолетних судовых учетов. Доклады Академии наук. 2014; 458(6): 706–710. [Matishov G.G., Chelintsev N.G., Goryaev Yu.I. et al. Assessment of the amount of polar bears (*Ursus maritimus*) on the basis of perennial vessel counts. Doklady Earth Sciences. 2014; 458(2): 1312–1316. Doi:10.7868/S0869565214300215.]

To the North Pole on the Nuclear—Powered Icebreaker “50 Let Pobedy”

G.G. Matishov^{1,2}

¹Murmansk Marine Biological Institute KSC RAS (Murmansk, Russia)

²Southern scientific center of RAS (Rostov-on-Don, Russia)

The article reflects the results of scientific research conducted in August 2017, on board of the nuclear-powered icebreaker “50 Let Pobedy”. The features of the ice regime from the ice edge in the Barents Sea to the North Pole are shown. The observations of marine mammals, birds, phytoplankton, and features of the hydrochemical regime of this part of the Arctic are given. For the first time in many decades, the content of ¹³⁷Cs and ⁹⁰Sr radionuclides in sea water of the North Pole region was measured and their low concentrations were revealed.

Keywords: Arctic, nuclear-powered icebreaker “50 Let Pobedy”, North Pole.

«Артистическая бронза» герцога Лейхтенбергского

кандидат исторических наук Е.Н.Груздева
Санкт-Петербургский филиал Архива РАН (Санкт-Петербург, Россия)
e-mail: elgru@rambler.ru

Интерес герцога Максимилиана Лейхтенбергского к научным экспериментам, пылливость и настойчивость исследователя, талант организатора способствовали достижению значительных результатов в изучении электрохимии и практическом применении гальванических технологий. Статья рассказывает об экспериментальных работах герцога и организации им первой промышленной фабрики «артистической бронзы», вписавших его имя в историю российской науки и производства.

Ключевые слова: герцог Максимилиан Лейхтенбергский, электрохимия, гальванопластика, гальваногRAFия, артистическая бронза.

После знакомства в Европе с успехами дагерротипии и гальваногRAFии герцог Максимилиан Лейхтенбергский* потерял интерес к экспериментам в этой области. Он увлекся другой задачей — получением гальванопластическим способом объемных предметов. Сам Б.С.Якоби первые годы считал, что его изобретение неприменимо для подобных работ. Докладывая Академии наук свое «Рассуждение о технологии производства гальванических копий», по поводу изготовления целых статуй он сказал: *Здесь нужна еще сильно усовершенствованная техника. <...> Но если бы таким путем могли быть изготовлены целые статуи, то это было бы таким шагом вперед, на который я пока не смею рассчитывать (скорее удастся лить пушки)* [3, ф.1, оп.2-1839, д.34, л.17]. Ученый считал, что для изготовления сложных форм *придется еще преодолеть много трудностей*, в том числе и *обстоятельства, в которых наука еще не разобралась* [3, ф.1, оп.2-1840, д.23, л.42]. В своей мастерской он проводил соответствующие эксперименты, но гораздо больше времени должен был уделять задачам, которые ставило перед ним правительство: совершенствованию электродвигателя, развитию телеграфии и электроминной техники.

© Груздева Е.Н., 2018

Однако гальванопластика вызвала широкий резонанс, и ее быстро стали осваивать не только ученые, но также скульпторы, нумизматы, печатники, зубные врачи. В первой половине 1840-х годов было издано несколько статей и даже руководства по проведению работ**. Якоби наблюдал за всеми достижениями в этом направлении, и 23 апреля 1841 г. он представил Академии наук результат первой успешной попытки получить с помощью гальванопластики крупную фигуру — бюст покойного короля Пруссии, исполненный в натуральную величину художником-медальером В.Газенбергером [3, ф.1, оп.1а, д.64, л.33–33об.]. Быстро продвинулся в создании скульптурных изображений и столичный мастер-гальваник И.Гамбургер, когда-то осваивавший азы технологии под руководством самого Якоби, а в начале 1840-х годов уже открывший мастерскую и успешно выполнявший художественные заказы.

Первые подобные опыты в лаборатории герцога Лейхтенбергского проводились еще в 1840 г. (на простой конической форме) и дали отличные результаты. В течение 1841–1842 гг. герцог отрабатывал собственный способ изготовления округло-выпуклых фигур, осаждая медь на покрытые изолирующим веществом стенки и дно внутри форм. Осенью 1842 г. Якоби демонстрировал Академии наук несколько художественных

* См. Груздева Е.Н. Почетный член академии герцог Максимилиан Лейхтенбергский // Природа. 2018. №10. С.85–92.

** Помимо книги Якоби «Гальванопластика» и его статей, регулярно печатавшихся в академических изданиях, были также опубликованы: Werner F. Anweisung zur Vergoldung und Versilberung auf galvanischen Wege. Zum Gebrauch für galvanische Abteilung der Zeichen Schule für freie Schüler (СПб., 1842); Г[реко]в А. Теоретическое и практическое руководство к золочению, серебрению, платинированию, лужению и т.п. по вновь открытому способу... (М., 1842); Г[реко]в А. О золочении и серебрении металлов путем электрохимическим, но без посредства гальванической батареи (Отечественные записки. 1843. Т. 29); Евреинов М.Г. О золочении гальваническим путем (Горный журнал. 1843); Ф.З. Практический курс гальванопластики (СПб., 1844); К.О. [Одоевский В.Ф.] Гальанизм в техническом применении... (СПб., 1844); изданы переводы: Кобель Ф. ГальваногRAFия, или Способ производить гальванические медные доски для печатания кистью работанных рисунков (СПб., 1843); Эльснер Ф.К. Полное руководство к гальваническому как матовому, так и блестящему золочению или серебрению... (М., 1844) и др.



Гальванопластическая выставка в память 50-летия открытия гальванопластики в Музее Русского технического общества в Санкт-Петербурге. 1889 г. Общий вид зала [3, ф.187, оп.1, д.419, л.3].

Фото В.Мейера

предметов, изготовленных в лаборатории герцога [1], а именно: 1) стол со сложным античным орнаментом, выполненный из гальванической меди без всякого заполнения и имеющий ножки в виде крылатых сфинксов; 2) статуэтку мальчика с раковинной, сделанную «по помпейской модели» и покрытую сверху слоем бронзы; 3) две гальваноконии конной статуэтки Марочетти*, изображающей Наполеона (одна из них также покрыта бронзой); 4) несколько мелких работ, среди которых позолоченный бюст Эжена Богарне. Представленные предметы были сравнительно крупными** и весьма сложными.

* Карл Марочетти (1805–1867) — итальянский скульптор.

** Высота стола была около 85 см, диаметр столешницы 76 см; статуэтки Наполеона на коне около 48 см высотой, скульптура мальчика около 30 см.



Художественный отдел [3, ф.187, оп.1, д.419, л.2].

Фото В.Мейера



Экспонаты из художественного отдела выставки [3, ф.187, оп.1, д.419, л.12].

Фото А.Смирнова

По чистоте выполнения скульптурные копии были настолько точны, что не требовали доработки резцом — лишь незначительной рихтовки мест совмещения частей. Отметив настойчивость и научный подход к исследованиям, проводимым в лаборатории Его Высочества, Якоби подчеркнул удачное сочетание новых технических возможностей и художественной эстетики*.

Получение объемных изделий довольно сложной формы не могло не подвести к мысли об изготовлении крупных скульптур. Таковые могли бы стать альтернативой деревянным и гипсовым архитектурным элементам, мраморным и бронзовым памятникам, украшениям садов и парков. Убедиться в том, что подобное производство ста-

нет востребованным, герцог Лейхтенбергский мог, став в мае 1843 г. членом Комиссии о построении Исаакиевского собора по искусственной части и ознакомившись с проектами скульптурной отделки здания. Успехи гальваноластики позволяли удовлетворить разным требованиям производства: в интерьере храма предполагалось использование позолоты — уже были известны и применялись разные методы гальванического золочения; для изделий больших объемов потребуются длительное время осаждения металлов — как нельзя лучше этот вопрос помогало решить изобретение гальванической батареи**;

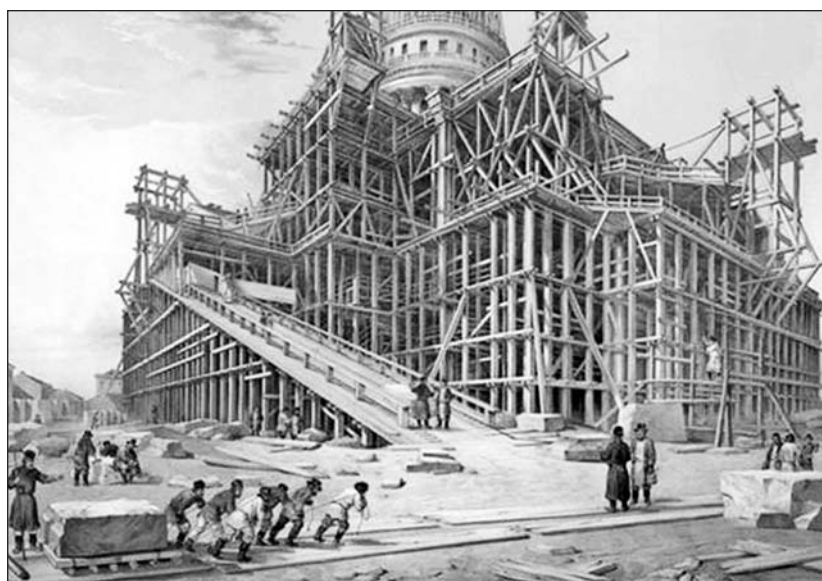
* По-видимому, названные художественные предметы не вернулись в лабораторию герцога, а остались в академии — вероятнее всего, у Якоби. В 1889 г., когда Русским техническим обществом была организована юбилейная выставка в память 50-летия открытия гальваноластики, многие экспонаты были предоставлены вдовой и сыном академика-изобретателя. В каталоге выставки среди сохранившихся у него гальваноластических произведений названы и работы из лаборатории герцога: щит из камей с головой Медузы (образчик доски стола), конная статуя Наполеона I, статуэтка «Купидон», на голове которого морская раковина (помпейская модель), золоченый бюстик Э. де Богарне [2]. Все эти предметы можно увидеть на фотографиях, сделанных на выставке и сохранившихся в архиве [3, ф.187, оп.1, д.419].

** На заседании Академии наук Якоби сделал доклад «О цепи князя П.Багратиона постоянного действия» [3, ф.1, оп.1а, д.68, л.112об.].

щие лишь тончайший слой металла, позволят уменьшить не только вес собора, но и издержки на сырье*.

Герцог Лейхтенбергский стал идеологом и инициатором создания фабрики для производства крупных гальванопластических работ. Получив одобрение Николая I, герцог обратился с просьбой выдать на ее устройство ссуду в 60 тыс. руб. серебром и выделить для строительства землю — участок на Измайловском плацу ближе к Обводному каналу [6, ф.427, оп.17, внутр.оп.99/936, д.198, л.2–3]. Финансовая поддержка строительству была обещана, но от просимого участка земли пришлось отказаться: император путем продажи мест на Измайловском поле стремился восполнить истощившие казну затраты на постройку роскошной церкви лейб-гвардии Измайловского полка, а потому стоила эта земля дорого. Подыскивая другое подходящее место, герцог обратил внимание на берега речки Таракановки** близ Нарвских триумфальных ворот. В результате переговоров с землевладельцами были куплены два соседних участка общей площадью 5262 квадратных саженьей***. Его Высочество представил план здания будущей фабрики, вскоре получил одобрение императора и разрешение на производство работ и в начале июля приступил к строительству [6, ф.218, оп.3, д.350]. Для промышленного заведения возводились протяженные каменные здания в два этажа****, а старые деревянные собственнические дома перестраивались под хозяйственные нужды и под жилье для рабочих.

Уже во время организации производства на фабрике была проведена работа по усовершенст-



Строительство Исаакиевского собора в Петербурге. Литография с рисунка О. Монферрана, 1840-е гг. (Eglise cathédrale de Saint-Isaac. Description architecturale, pittoresque et historique de ce monument... par A. Ricard de Montferrand. St.-Petersbourg; Paris, 1845. Pl.34).



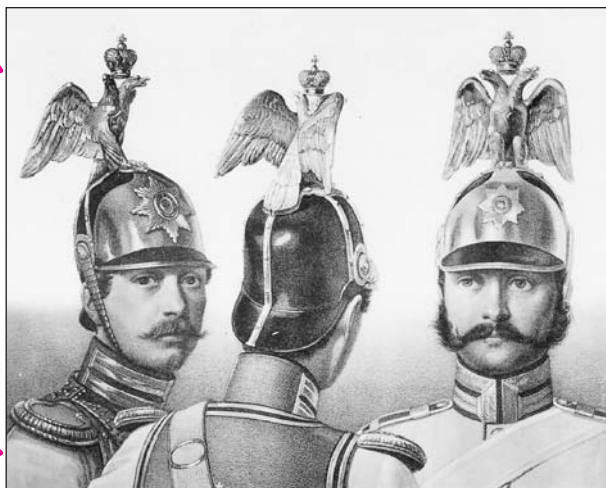
Герцог Максимилиан Лейхтенбергский. Работа неизвестного художника, 1840-е годы. Государственный музей истории Санкт-Петербурга.

* Архитектор О. Монферран доносил Комиссии о построении Исаакиевского собора: *...тяжесть бронзовых групп, поставленных на 4-х фронтонах, составляет 2708 пудов... тяжесть 4-х других групп, еще не поставленных на место... 8124 пуда... При исполнении групп гальванопластическим способом нет надобности ни в какой каменной работе под кровлею для их поддержания... все четыре [группы]. — Е.Г., поставленные на место, будут весить вместе не более 600 пудов* [6, ф.1311, оп.1, д.1238, л.122об.–123об.].

** Речка Таракановка имела и другое название — Чечереновка, которое встречается на некоторых картах Санкт-Петербурга XIX в.

*** Оба участка имели выход на крупную магистраль — Старый Петергофский проспект, что обеспечивало удобный подъезд к будущей фабрике.

**** Проект принадлежал архитектору Ф.И.Руска (Русско).



Каска гвардейских кирасирских полков, введенная по указу Николая I в 1845 г. (Иллюстрация из книги: «Историческое описание одежды и вооружения Российских войск». Под ред. А.В.Висковатова. Ч.23. СПб., 1861).

вованию батарей для питания крупномасштабного гальванического процесса, и в марте 1845 г. герцог Лейхтенбергский представил Академии наук записку с описанием нового, более экономичного типа батареи*. Фабрика, получившая название «Гальванопластическое и артистической бронзы заведение», зимой 1844–1845 гг. начала принимать художественные заказы. В июне 1845 г. Его Высочество подал прошение об освобождении созданного им производства от уплаты гильдейских повинностей. Просьбу он обосновывал тем, что это заведение *есть образцовое по видам правительства основанное, в котором в большом размере и в первый раз испытываются представляемые наукою способы, о коих невозможно было составить понятие, пока эти способы были применяемы в малом виде*, и подчеркивал, что заведение уже выполняет важные и значительные заказы от казны [6, ф.18, оп.2, д.1194, л.1–2]**. Гальванопластическое заведение получило освобождение от платежа гильдейских податей на 10 лет с 1 января 1845 г. [5, ф.479, оп.15, д.15, л.1, 6].

Фабрика развивалась, брала не только казенные, но и частные заказы на изготовление гальваноконий барельефов, ваз, бюстов, скульптур; мастера творчески применяли новейшие технологии

золочения и серебрения, герцог расширял производство [6, ф.218, оп.3, д.536, л.1–10об.]. В 1846 г. был подписан первый контракт с Комиссией о построении Исаакиевского собора на позолотные работы и на изготовление *гальваническим способом модильонов, розас и порезок* [6, ф.542, оп.1, д.90, л.1об.]. Чтобы дать заведению больше самостоятельности, герцог Лейхтенбергский устроил при нем литейный цех. На фабрике были выполнены массивные бронзовые двери для нового крыла здания Главного штаба***, которые могли стать важным аргументом в пользу получения заказа на изготовление дверей для Исаакиевского собора. И архитектор Монферран выбрал именно Гальванопластическое заведение, пояснив, что только оно *имеет художников во всех родах наиболее способных исполнить артистически столь важную работу*, как создание дверей, которые *должны стать если не выше, то, по крайней мере, равны по достоинству* таковым же во Флоренции, Пизе и Риме [6, ф.1311, оп.1, д.1238, л.130–131об.]. В 1850 г. директором заведения Дювалем был подписан большой контракт «О производстве бронзовых и гальванических работ по украшению Исаакиевского собора» [6, ф.1311, оп.1, д.1552, л.1–3об.]. В период своего наивысшего расцвета фабрика имела громадных размеров ванны для осаждения громоздких приборов и их золочения и около 2,5 тыс. рабочих [7].

Постоянно совершенствуя технологические процессы на своем предприятии, герцог Лейхтенбергский не прекращал проводить и научные исследования, о результатах которых, как и прежде, при неизменном посредничестве Якоби сообщал Академии наук. Так, им были представлены наблюдения о переменах, происходивших с раствором медного купороса при гальваническом осаждении, и предложены практические способы определения крепости этого раствора на любом этапе процесса. Серия статей была посвящена исследованию черного осадка, образующегося на медном аноде, и химической экспертизе составляющих его элементов. Другой темой, к которой автор неоднократно возвращался, были практические наблюдения над гальваническим золочением/серебрением и рекомендации по учету драгоценного сырья.

Последняя статья была написана летом 1849 г. в Фалле, в Эстляндии, на гостеприимной мызе Бенкендорфов — Волконских. Доктора нашли

* Усовершенствование сразу было обнародовано в газете (Новая гальваническая баттарей // Посредник. Газета промышленности, хозяйства и реальных наук. 1845. №8. С.57–58).

** Возможно, упомянутым «важным казенным заказом» было изготовление орлов для армейских касок. Такой заказ в 1844 г. был бы весьма актуален: именно в тот год в российской армии головные уборы — треуголки и кивера — были заменены на кожаные каски с металлической отделкой и султаном [4]. Современник писал о фабрике Лейхтенбергского: *Касочные орлы для кавалеристов положили начало делу, которое пошло столь удачно, что скоро потребовалось устроить обширные мастерские. <...> От касочных орлов в непродолжительном времени перешли к производству разных украшений зданий, взамен тяжеловесных гипсовых изделий* [Обозрение Санктпетербургской выставки русской мануфактурной промышленности 1861 года / Сост. М.Я.Киттары. СПб., 1861. С.302].

*** Здание на углу Дворцовой площади и Невского проспекта перестраивалось по проекту архитектора И.Д.Черника в 1845–1846 гг.



Исаакиевский собор в Санкт-Петербурге: наружная (слева) и внутренние скульптуры, изготовленные с применением гальванопластики и гальванического золочения.

у зятя императора туберкулез, и он подолгу жил в Прибалтике и на юге Италии, ибо сырой и холодный Петербург был для него губителен. На Мадейре в 1849–1850 гг. находился и художник К. Брюллов, который во время совместного пребывания на острове написал портрет герцога, его верного секретаря Е. Мюссара, а также несколько акварелей, иллюстрирующих жизнь на курорте. Несмотря на лечение, туберкулезный процесс стремительно развивался, не оставляя надежд на выздоровление. Максимилиан вернулся в Петербург в начале октября 1852 г., а 20 октября скончался в Мариинском дворце. При дворе был объявлен траур, и 23 октября состоялась торжественная церемония погребения тела герцога в Мальтийской капелле при Пажеском корпусе [6, ф.469, оп.1, д.55].

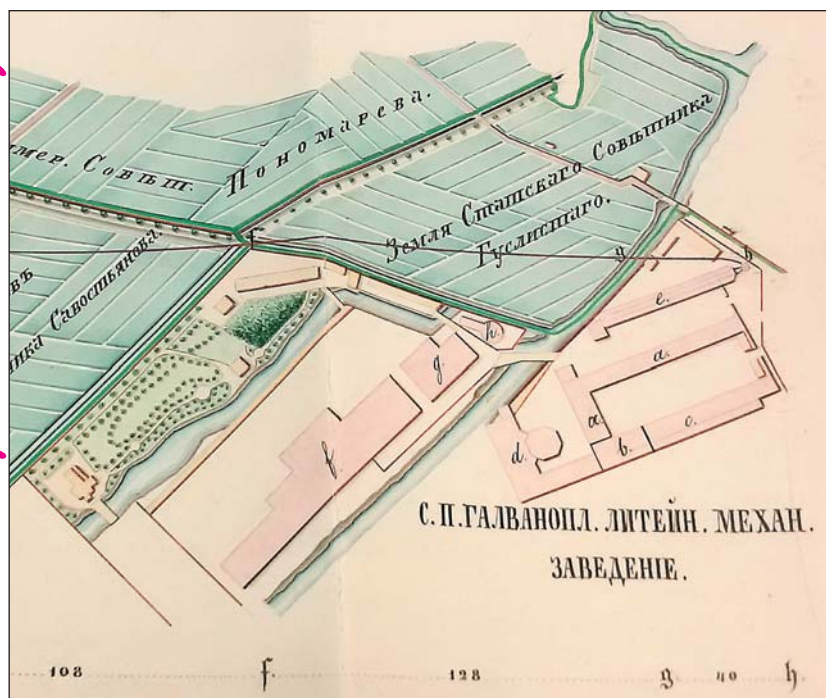
Якоби на правах давнего и ближайшего научного сотрудника составил речь об ученых трудах герцога Максимилиана Лейхтенбергского, заслушав которую на годовичном заседании 29 декабря 1852 г., Академия наук почтила память своего почетного члена. По оценке Якоби, произведенные всего за 10 лет его работы составили эпоху в развитии гальванопластики [8] и российская наука могла ожидать новых открытий, если бы не столь ранняя кончина исследователя.

Все работы герцога имели прикладной характер и были полезны прежде всего практикам — промышленникам, имеющим дело с крупными электрохимическим производством. Вместе с тем Академия наук признавала, что в лице Максимилиана Лейхтенбергского имела не номинального почетного члена, а действительного научного работника, ведущего «теорию вровень с практикою» и достигающего ценных результатов, применимых для развития гальванических технологий

в разных отраслях. Все представленные им сообщения были опубликованы в академическом «Бюллетене Физико-математического отделения», что делало их достоянием научной общественности не только в России, но и в Европе.



Академик Б.С. Якоби. С литографии Р. Хоффмана, 1856 (Lenoir G.A. Gallerie ausgezeichnete Naturforscher. Vienna, 1860).



План литейно-механического заведения. 1853 г. (фрагмент). Указаны мастерские: *a* — механическая; *b* — серебряная; *c* — бронзовая; *d* — литейная; *e* — локомотивное отделение; *f* — железо-катальное заведение; *g* — кузница; *h* — газометр [6, ф.542, оп.1, д.77, л.157].

Основанное герцогом Гальванопластическое заведение к концу 1852 г. представляло собой крупное производство с капиталом в 2 млн 42 тыс. руб. серебром [6, ф. 542, оп.1, д.76, л.3–3об.]. Фабрика была ориентирована на создание крупных художественных изделий, и Максимилиан Лейхтенбергский помогал получать заказы, связанные

с украшением Исаакиевского собора, с изготовлением скульптур для императорского Зимнего дворца и Большого театра в Москве, с золочением шпиля Петропавловской крепости и куполов храма Христа Спасителя*. Однако находить подобные «артистические» заказы было трудно, они появлялись редко, а частных заказов на одиночные скульптуры или мелкие бытовые изделия (подсвечники, статуэтки, вазы) было недостаточно для обеспечения загрузки производства. В 1852 г. администрация начала вести переговоры с железнодорожным ведомством об изготовлении локомотивов с тендерами, причем старалась закрепить за предприятием также ремонт и техническое обслуживание подвижного состава. Без герцога Лейхтенбергского основное производство фабрики очень скоро было перепрофилировано: Гальванопластическое заведение стало исполнять финансируемые правительством заказы, например, вы-

пускало паровые машины и механизмы для Крон-

штадтского пароходного заведения, для Охтенного порохового завода, для Олонецких литейных заводов, паровые машины для вантовых кораблей, корветов и канонерских лодок для Морского министерства [6, ф.18, оп.2, д.1194, л.39об.–40]. Художественные работы тоже выполнялись, но их удельный вес в объеме производства неуклонно падал.

Наконец наследники герцога решили избавиться от заведения. «Артистические» цеха — мельхиорное и бронзовое отделения — были проданы в розницу**. Все остальное, как то земли,



Аполлон на колеснице над фронтоном Большого театра в Москве — образец гальванопластических работ фабрики герцога Лейхтенбергского.

* Гальванопластическое заведение за несколько лет своей деятельности осаждало для статуй и барельефов 6749 пудов меди, израсходовало на позолотные работы более 45 пудов золота. Ежемесячно мастерская осаждала до 185 пудов гальванической меди, расходовала до 2 пудов серебра и золотила до 4800 квадратных футов поверхности [9].

** Мельхиорное отделение приобрел купец С.Н.Растеряев, а бронзовое — купцы Э.Я.Генке и А.П.Моранд. Обе купчие были подписаны 7 ноября 1857 г. [6, ф.258, оп.3, д.1613, л.18–20об., 26–27об.].

строения, мастерские с машинами и недавно построенную железнодорожную ветку, купило Главное общество Российских железных дорог [6, ф.542, оп.1, д.73, л.16–23].

Нельзя не согласиться с утверждением, что герцог Лейхтенбергский сочетал в себе качества ученого, бизнесмена, технолога и инженера [10]. Он успешно проявил себя на нехарактерном для представителя российского двора поприще, и его научно-технические достижения снискали признание и уважение в императорской семье: зятя поддерживал Николай I, и, по преданию, даже великая княгиня Мария Николаевна с почтением говорила, что ее супруг — ученый*. Ученое сообщество, оценивая труды герцога, признавало их научный интерес и значимость для промышленного производства, сожалело о краткости «полезной, благородной и с достоинством пройденной жизни». Академия наук, вручившая Его Высочеству диплом почетного члена, когда он еще только прибыл в Россию, отмечала, что он, *отнюдь не считая нового звания пустым титулом, прямо видел в нем призвание употребить на пользу таланты, которыми так щедро одарило его Провидение, и посвятить свои редкие досуги строгому изучению наук, к которым он имел особенную склонность* [11].

Сотрудничество с Академией наук герцога Лейхтенбергского не ограничивалось работами в области гальванопластики, но распространялось также на зоологию и палеонтологию*. Этот сюжет еще ждет своего исследователя. ■



Скульптурные украшения здания Нового Эрмитажа — образцы гальванопластических работ фабрики герцога Лейхтенбергского. Вид Нового Эрмитажа со стороны Миллионной улицы в Санкт-Петербурге. Акварель В.С.Садовникова, 1851. Государственный исторический музей, Москва.



Корпуса бывшей гальванопластической фабрики. Открытка начала XX в.

* Белякова З.И. Герцоги Лейхтенбергские де Богарне. У трона императоров. СПб., 2015: 54.

** В 1849–1852 гг. с о.Мадейра герцог присылал в дар Зоологическому музею Академии наук изображения останков вымерших животных и целые коллекции образцов морской фауны. Так, в 1850 г. директор музея академик Ф.Ф.Брандт дважды докладывал о его посылках, содержащих в общей сложности около 450 образцов более сотни видов животных южных морей [3, ф.1, оп.1–1850, д.109, л. 109об., 114об., 141]. В январе 1850 г. рыбаки принесли герцогу необычную рыбу, описание которой составил натуралист Р.Т.Лау (1802–1874), служивший капелланом на Мадейре. Он высказал мнение, что эта рыба из семейства муреновых «представляет не только новый вид, но и род». Описание, опубликованное в одном из академических журналов, дополнялось изображением. В честь герцога были названы рыбы *Belonopsis Leuchtenbergii* [12] и *Leptorhynchus Leuchtenbergi* (ныне оба названия считаются младшим синонимом *Nemichthys scolopaceus*), кактусы *Anhalonium leuchtenbergii* (современное название *Leuchtenbergia principis*) и *Mammillaria leuchtenbergii* (современное название *Mammillaria leucantha*), а также ископаемое иглокожее беспозвоночное *Glyptosphaerites leuchtenbergi*.

Статья подготовлена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект 17-03-00212а).

Литература / References

1. Якоби Б.С. Доклад о развитии гальванопластики. Якоби Б.С. Работы по электрохимии. М.; Л., 1957: 119–124. [Jacobi B.S. Report on the Development of Electrotyping. Jacobi B.S. Essays about Electrochemistry. Moscow; Leningrad, 1957: 119–124. (In Russ.).]
2. Каталог юбилейной выставки гальванопластики. Записки Имп. Русского технического общества. СПб., 1889; 23(4): 21. [Catalogue of the Jubilee Exhibition of Electrotyping. Notes of the Imperial Russian Technological Society. St.-Petersburg, 1889; 23(4): 21. (In Russ.).]
3. Санкт-Петербургский филиал Архива РАН. [Saint-Petersburg Branch of the Archive of the RAS. (In Russ.).]
4. Малышев С.А. Военный Петербург эпохи Николая I. СПб., 2012: 340–342. [Malyshev S.A. Military Petersburg at the Time of Nicholas I. St.-Petersburg, 2012: 340–342. (In Russ.).]
5. Центральный государственный исторический архив Санкт-Петербурга. [Central State Historical Archive of St.-Petersburg. (In Russ.).]
6. Российский государственный исторический архив. [Russian State Historical Archive. (In Russ.).]
7. Ильин А.А. Борис Семенович Якоби. Исторический очерк изобретения гальванопластики. СПб., 1889: 38. [Il'in A.A. Boris Semyonovich Jacobi. History Essay about the Invention of Electrotyping. St.-Petersburg, 1889: 38. (In Russ.).]
8. Якоби Б.С. Ученые труды герцога М.Лейхтенбергского (Речь на годовичном публичном заседании АН 29 декабря 1852 г.). Журнал министерства народного просвещения. 1853; 77(Отд.II): 282–283. [Jacobi B.S. Scientific Works of Duke Maximilian of Leuchtenberh (Report Delivered at the Annual Public Meeting of the Academy of Sciences on December, 29, 1852). Journal of the Ministry of National Education. 1853; 77(Sec.II): 282–283. (In Russ.).]
9. Гальванопластическая выставка в память 50-летия открытия гальванопластики академиком Б.С.Якоби (Речь М.М.Дешевова). Записки Имп. Русского технического общества. СПб., 1889; 23(4): 7. [Electrotyping Exhibition in Memory of the 50th Anniversary of the Invention of Electrotyping by Academician B.S.Jacobi (Report of M.M.Deshevov). Notes of the Imperial Russian Technological Society. St.-Petersburg, 1889; 23(4): 7. (In Russ.).]
10. Кудрявцев В.Н. К 200-летию со дня рождения основателя гальванопластики и гальванотехники академика Б.С.Якоби. Гальванотехника и обработка поверхности. 2001; 1: 9–15. [Kudryavtzev V.N. On the Occasion of the Bicentenary of Academician B.S.Jacobi, the Inventor of Electrotyping. Electrotyping and Treating the Surface. 2001; 1: 9–15. (In Russ.).]
11. Отчет Императорской Академии наук по первому и третьему отделениям за 1852 год. Ученые записки ИАН по первому и третьему отделениям. 1853; 2(1): 2. [Report of the Imperial Academy of Sciences about the I and III Divisions in 1852. Scientific Notes of the Imperial Academy of Sciences Pertaining to the I and III Divisions. 1853; 2(1): 2 (In Russ.).]
12. Lowe R.T. Description d'un nouveau genre de poisson de la famille des Murénoïdes, rapporté de Madère par Son Altesse Impériale le duc Maximilien de Leuchtenberg, par R.T.Lowe, membre de plusieurs sociétés savantes. Augmenté de remarques, ainsi que d'une planche exécutée avec soin, par Mr. Brandt. Mémoires présentés à l'Académie impériale des sciences de St.-Petersbourg par divers savans et lus dans ses assemblées. 1854; VII: 169–176.

“Artistic Bronze” of the Duke of Leuchtenberg

E.N.Gruzdeva

Saint-Petersburg Branch of the Archive of the Russian Academy of Sciences (Saint-Petersburg, Russia)

The keen interest of Maximilian de Beauharnais, Duke of Leuchtenberg in scientific experiments, intellectual curiosity and great talent for management favored the research in electrochemistry and the practical use of galvanic technologies as well. The essay tells about those Duke's experiments in electrotyping and the first “artistic bronze” plant founded by him, which added his name to the history of Russian science and industry.

Keywords: Maximilian de Beauharnais, Duke of Leuchtenberg, electrochemistry, electrotyping, galvanography, artistic bronze.

Квадрат Патона

К 100-летию со дня рождения академика Б.Е.Патона

член-корреспондент РАН Ю.М.Батулин

Институт истории естествознания и техники имени С.И.Вавилова РАН
e-mail: baturin@ibst.ru

Статья посвящена двум одновременным 100-летним юбилеям: Национальной академии наук Украины (НАНУ) и ее президента академика Б.Е.Патона, директора Института электросварки имени Е.О.Патона НАНУ (ИЭП). Академия наук со дня своего основания и до нашего времени была символом Украинского государства, выполняла роль системоорганизующего центра и внесла большой вклад в консолидацию общества и выявление ресурсов его развития. ИЭП был основан академиком Е.О.Патоном, отцом Б.Е.Патона, и стал крупнейшим центром современной науки и техники в области сварки и сварочных технологий. В течение четверти века Б.Е.Патон возглавлял Международную ассоциацию академий наук, учрежденную по инициативе НАНУ в 1993 г.

Ключевые слова: юбилей, академия, президент, сварка, научная школа, Украина.

В Киеве 27 ноября 1918 г. произошло два события. Одно из них оказалось заметным даже на событийно богатом фоне той бурной эпохи. А второе долгое время оставалось лишь семейным праздником инженера-мостостроителя и профессора Киевского политехнического института Евгения Оскаровича Патона и выпускницы Фребелевского женского педагогического института Натальи Викторовны Будде, высококвалифицированного специалиста по дошкольному воспитанию детей. В этой высокообразованной дворянской семье, в год, пожалуй, самый трудный для дворянского сословия, и родился сын, которого назвали Борисом.

Две линии — одна судьба

Когда начинаешь измерять время эпохами, тогда видишь Историю с большой буквы, взаимосвязи, нереализованные возможности и непредставимые достижения, причины побед и поражений, роль случайностей... Наука живет в турбулентном, штормовом времени, а ученым доводится оценивать чаще короткие волны развития, редко кому везет увидеть эпохи как длинные волны. Так что нас рано списывать на берег, мы много знаем и понимаем... [1, с. 334].

За несколько месяцев до того дня прибывший в Киев академик Петербургской академии наук В.И.Вернадский развил бурную деятельность по созданию Академии наук Украины. 9 июля 1918 г. он выступил на заседании созданной им Комиссии по созданию Украинской академии наук (УАН). В его докладе, опубликованном в газете «Русский голос» (Киев) 14, 15 и 23 августа 1918 г.,

содержался четкий план, структура, характеристика будущей академии, а также формулировались основные положения ее устава: *Приступая к созданию Украинской академии наук в Киеве, необходимо прежде всего выяснить основы ее деятельности, ее существования [2, с.252]. <...> Она должна состоять из группы ученых, оплачиваемых государством и занимающихся наукой и исследовательской работой как делом своей жизни, признаваемым государством государственно важным. С ней должны быть связаны многочисленные государственные научные учреждения исследовательского характера. <...> В Украинской академии наук должно быть четыре секции*: 1) историко-филологическая (с украинским отделением), 2) физико-математическая, 3) экономическо-юридическая, 4) прикладного естествознания** [2, с.255]. <...> Коллегия из академиков всех секций составляет академию наук. Она свободно и независимо ведет все свои дела. Для этого академия наук не только должна пользоваться полной автономией, но и быть поставлена вне влияния на ее внутреннюю жизнь сменяющихся органов государственного управления. В строении академии наук должны получить выражение связанные с ней научные учреждения — орудия исследовательской работы. Необходимо при этом сделать в этом отношении Украинскую академию наук мощной научной организацией. <...> Не-*

* В записи устного выступления Вернадского говорится не о «секциях», а об «отделениях» Академии наук [2, с. 360].

** Кафедры Отделения прикладного естествознания в первом уставе Украинской академии наук оказались включены в Физико-математическое отделение. Экономико-юридическая секция стала называться Отделением социальных наук.



Академик Борис Евгеньевич Патон.

Фото автора

обходимо принять такой устав академии наук, чтобы она могла иметь возможность создавать новые исследовательские учреждения, привлекать в свое ведение созданные без ее участия, влиять на находящиеся от нее в стороне проявления государственной исследовательской работы. Устав ее должен дать широкие возможности для свободной научной работы и быть достаточно гибким, чтобы она могла следовать за великими жизни [2, с.256].

До 19 сентября 1918 г. на заседаниях Комиссии по организации УАН были приняты все основополагающие решения, включая вопросы об отделениях УАН, о создании Физического института, Геодезического института, Библиотеки АН, места для Ботанического сада, были подготовлены все необходимые законопроекты. 27 ноября 1918 г. состоя-

лось первое общее собрание УАН, и с того дня ведется отсчет ее истории [3, с.34].

Линии жизни Украинской академии наук и Бориса Евгеньевича Патона начались в одной точке. Начальные условия обеих траекторий развития оказались столь близкими, что они не только не расходились, но и неумолимо сближались: в 1951 г. Патон был избран членом-корреспондентом Академии наук УССР, а в 1962 г. — ее президентом. С того времени любые обсуждения деятельности украинской Академии наук немыслимы без обращения к личности и мнению ее президента, а беседы с Борисом Евгеньевичем не обходятся без вопросов об академии.

Патон более полувека возглавляет академию. Масштаб его личности — «100×100» (одна координата — его возраст, другая — столетие украинской Академии наук, которую он возглавляет) образует своего рода «исторический квадрат» Патона, вобравший в себя эпохи, периоды высочайшего напряжения сил, мировые технические достижения, неудачи и разочарования, наконец, многолетнее счастье научно-технического творчества и завидную научную продуктивность.

Семейные уроки

Чему я научился у своего отца? Тому, что впереди должна быть работа и интерес к этой работе, а не интерес к набиванию своих карманов большими монетами. Во-вторых, человек должен любить свое дело и отдаваться ему, человек должен любить и учить молодежь [4, с.121].

Служба Отечеству — семейная традиция Патонов. Прадед Бориса Евгеньевича, Петр Иванович Патон, шестнадцатилетним юношей записался в армию М.И.Кутузова и участвовал

в Отечественной войне 1812 г. Военную службу завершил генералом, стал сенатором. Дед — Оскар Петрович — военный инженер, полковник, русский консул в Ницце. Мать Бориса Евгеньевича происходила из старинного дворянского рода, давшего стране военных и ученых.

В таких традициях воспитывался Борис, особенно много он взял у своего отца. Он бесконечно любит и уважает его. Евгений Оскарович казался всем суровым, недоступным, а был он добрым человеком и заботился о людях, своей семье, — вспоминает Борис Евгеньевич [4, с.121].

«Профессорский» дом, где жили Патоны, находился на территории Политехнического института, где преподавал Евгений Оскарович. Бориса пускали ту-



Евгений Оскарович Патон и Наталья Викторовна Будде, родители Б.Е.Патона. 1950 г. [5, вкл.1, с.3, илл.4].

да, он бывал в лабораториях, интерес к научной и инженерной работе подпитывался на самом серьезном уровне. В 1935 г. Евгений Оскарович создал в Киевском политехническом институте кафедру сварки. Но он никогда не пытался направить сына на ту или иную специальность. *Он давал свободу*, — рассказывает Борис Евгеньевич. — *И когда я выбирал специальность в Киевском политехническом институте, в котором позже учился, он тоже давал полную свободу. Но в годы войны стало по-другому...* [4, с.122]. Борис особенно увлекался электротехникой, а потому поступил на электротехнический факультет, его и окончил.

Годы войны

Евгений Оскарович приучил меня к тому, что надо работать. И я до сих пор работаю, и с благодарностью вспоминаю своего отца, который, невзирая на то что я его сын, не делал поблажек: «Давай, иди, работай!». Так и должно быть [4, с.122].

Борис Патон окончил Киевский политехнический институт в 1941 г. и защищал диплом 22 июня, в день начала войны. На работу его направили на завод «Красное Сормово» в Горьком, в электротехническую лабораторию контроля заводских электросистем [5, с.34]. Но в следующем году по ходатайству отца наркомат перевел его на работу в Институт электросварки, находившийся тогда на Уралвагонзаводе в Нижнем Тагиле.

Я попал прямо в руки Евгения Оскаровича, и он меня заставил проходить все ступенечки на Уралвагонзаводе, — делится воспоминаниями Борис Евгеньевич. — *Начинал электромонтером, и монтировали мы установки для автоматической сварки бронекорпусов танков* [4, с.122]. Там и началась научная и производственная деятельность Бориса. Иногда в вечернее или ночное время ему удавалось сделать что-то по совершенствованию оборудования. Приехала как-то в Нижний Тагил вагонная испытательная станция, и Патон смог с этой станции-вагона выпросить на ночное время осциллограф (а их тогда на Уралвагонзаводе совсем не было) и выполнить важную работу. Таким путем удавалось расширять свои знания, узнавать новое и в цехах обучать кадры.

В годы войны Борис Евгеньевич помимо основной работы в цехах Уралвагонзавода провел ряд важных исследований, таких как изучение статических свойств автоматов для сварки под флюсом. В 1945 г. (!) он защитил кандидатскую диссертацию «Анализ работы сварочных головок и способов их питания при сварке под флюсом». Развивая положения диссертации, показал, что оптимальными характеристиками обладает автомат с постоянной скоростью подачи проволоки, укомплектованный источниками питания с быстродействующим регулятором напряжения. В дальнейшем этот вывод стал основой развития оборудования для механизированной сварки под флюсом в защитных газах.



Е.О.Патон с моделью танка Т-34 в руках [10, с.51].



Танк Т-34, установленный во дворе одного из корпусов Института электросварки имени Е.О.Патона. Надпись на постаменте: «Евгению Оскаровичу Патону и его сотрудникам, совершившим трудовой подвиг в годы Великой Отечественной войны (1941–1945 гг.)».

За достижения в механизации и автоматизации сварочных работ при изготовлении боевой техники Борис Евгеньевич в 1943 г. был награжден орденом Трудового Красного Знамени [5, с.35].

Во главе Академии

Академия наук Украины, в определенной мере менее сильная, чем Российская академия наук, которая стала правопреемницей Академии наук СССР, — все-таки академия достойная» [4, с.127].

Украинская академия наук развивалась не просто как академия естествоиспытателей или специалистов по техническим наукам. Академик В.И.Вернадский возглавлял УАН всего год, а затем его сменил на этом посту О.И.Левицкий — историк, архивист, археограф. Потом президентами были специалисты в области ботаники, биохимии и физиологии, медицины [6].

В 1962 г. Борис Евгеньевич был избран действительным членом Академии наук СССР по специальности «Металлургия и технология металлов», и в том же году ученые Академии наук УССР избрали его президентом. С тех пор Патон бессменно возглавляет украинскую Академию наук. В соответствии с уставом академии каждые пять лет проводятся выборы президента, и Борис Евгеньевич неизменно побеждал. Под его руководством была разработана новая структура академии, созданы десятки институтов, появились научные центры в регионах Украины. Все эти годы украинские ученые добиваются выдающихся результатов в отдельных направлениях математики, теоретической физики, физики твердого тела и низких температур, в радиофизике и астрономии, материаловедении, кибернетике и вычислительной тех-

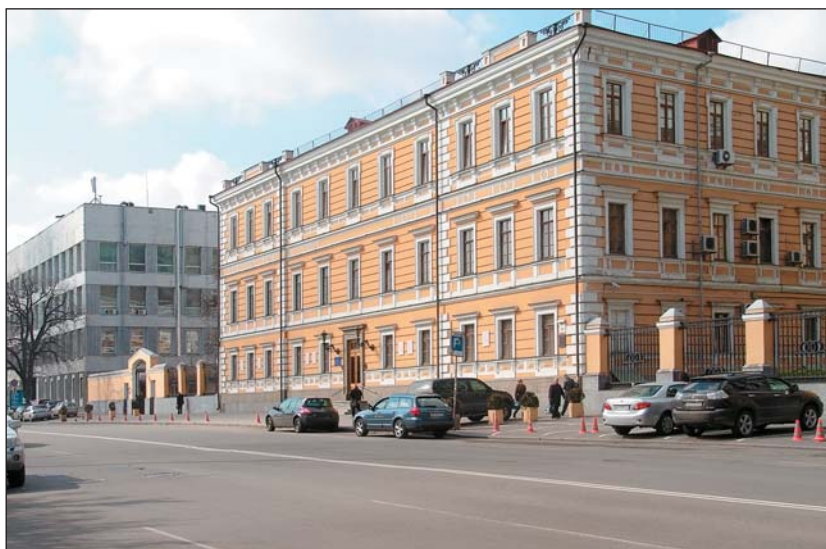
нике, нейрофизиологии, молекулярной биологии, микробиологии и вирусологии, генной инженерии и в ряде других областей знания.

Патон понимал, что академия наук прежде всего должна стремиться развивать фундаментальные исследования, но не забывать при этом и прикладные разработки. И ввел понятие «целенаправленные фундаментальные исследования». Оно подразумевает, что если фундаментальные исследования завершаются разработкой теоретических проблем, которая неизвестно когда даст результат, то целенаправленные фундаментальные исследования перерастают в прикладные исследования и разработку технологий, создавая условия для того, что теперь называется инновационными проектами. В Национальной академии наук Украины (НАНУ) именно такая система направлений развивалась и продолжает развиваться, хотя условия сегодня весьма трудны.

Патон всегда считал, что в академии не менее 40% сотрудников должны относиться к экспериментально-конструкторской, производственной базе. Он стремится к тому, чтобы в каждом институте, там, где это, конечно, нужно (в теоретическом или гуманитарном институте это не требуется), было конструкторское бюро и опытное производство или, если это большой институт и в этом есть необходимость, опытный завод. У себя, в Институте электросварки, Борис Евгеньевич создал три опытных завода и конструкторское бюро и, кроме того, Центр подготовки кадров среднего звена для экономики и промышленности.

Когда Патон обсуждал такой подход с Келдышем, Мстислав Всеволодович сказал: *Я не возражаю, вы делайте, у вас система интересная, вам это нужно, так что делайте.* — А вы? — спросил Борис Евгеньевич. — *А мне это не нужно. Я позвоню в соответствующее министерство, и мне на заводе сделают все, что требуется* [4, с.127]. Такой разговор состоялся. Жизнь показала, что опытное производство очень нужно, в нынешних условиях его создать очень трудно.

Когда в независимой Украине начались реформы, эта отлаженная система рухнула. Все предприятия были переведены на хозрасчет. Это значит, что если внутри института хочешь что-то получить от опытных производств, надо заключать договор. Во многих институтах эти подразделения не уцелели, в других были переведены на бюджет, т.е. их включили структурно в отделы институтов. И серьезные специалисты оказались фактически лаборантами. Рухнула система,



Здание Президиума Национальной академии наук Украины (изначально — дом Пансиона дворянских девиц графини Левашовой).

Фото из архива автора

позволявшая еще в советские времена выполнять такие инновационные проекты, к которым безуспешно стремятся сегодня. Впрочем, надо признать, что при сплошном, «ковровом» реформировании академий наук на постсоветском пространстве НАНУ, во многом благодаря Патону, сумела удерживать лучшие позиции, что оставляет ей шансы на благоприятное научное развитие.

Сам юбиляр желает в вековой юбилей своей ровеснице-академии *нового развития, движения вперед и чтобы академия не забывала того, ради чего она существует и что она уже сделала и должна была бы сделать значительно больше и лучше, чем ей пока удалось... Мечтаю, чтобы она развивалась и процветала, но не хотелось бы, чтобы она коммерциализировалась непрерывно и постоянно. Академия должна быть доступна для коммерческих решений только там, где это оправданно и существуют пути и средства* [1, с.340].

Институт электросварки

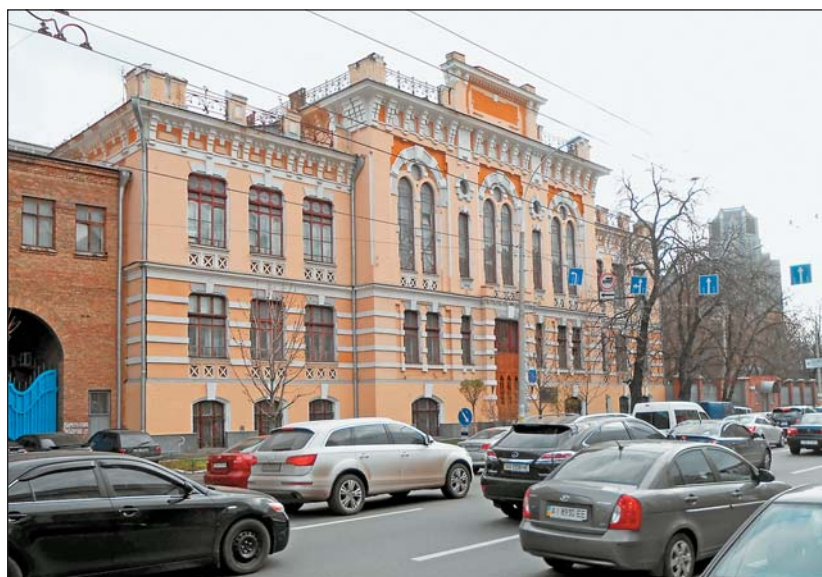
На пальцах одной руки могу перечислить вот что: мы развили и применили сварку, прежде всего на земле, затем — под землей, ну, будем говорить, в водных просторах, под водой, в космосе эксперименты были... а теперь мы работаем уже над сваркой живых тканей, и все больше пациентов, прошедших через руки замечательных хирургов, которые освоили сварку живого. Таких хирургов насчитывается уже много, и в первую очередь в Украине, потому что эта сварка здесь зародилась [4, с.116–117].

Институт электросварки начинался с обычных мастерских, на их основе была организована Электросварочная лаборатория, потом Электросварочный комитет на общественных началах, и наконец в 1934 г. постановлением Совнаркома Украины был создан Институт электросварки Всеукраинской академии наук, включавший научно-исследовательские и экспериментально-производственные подразделения, конструкторское бюро и мастерские. Он стал первым в мире специализированным центром по проведению научно-инженерных работ в области сварки, который, в отличие от классических академических учреждений, не ограничивался исключительно фундаментальными исследованиями, а был нацелен на решение практических задач, на внедрение результатов научного поиска в производство. Именно в Институте электросварки Б.Е.Патон пришел к своему пониманию эффективной организации Академии наук.

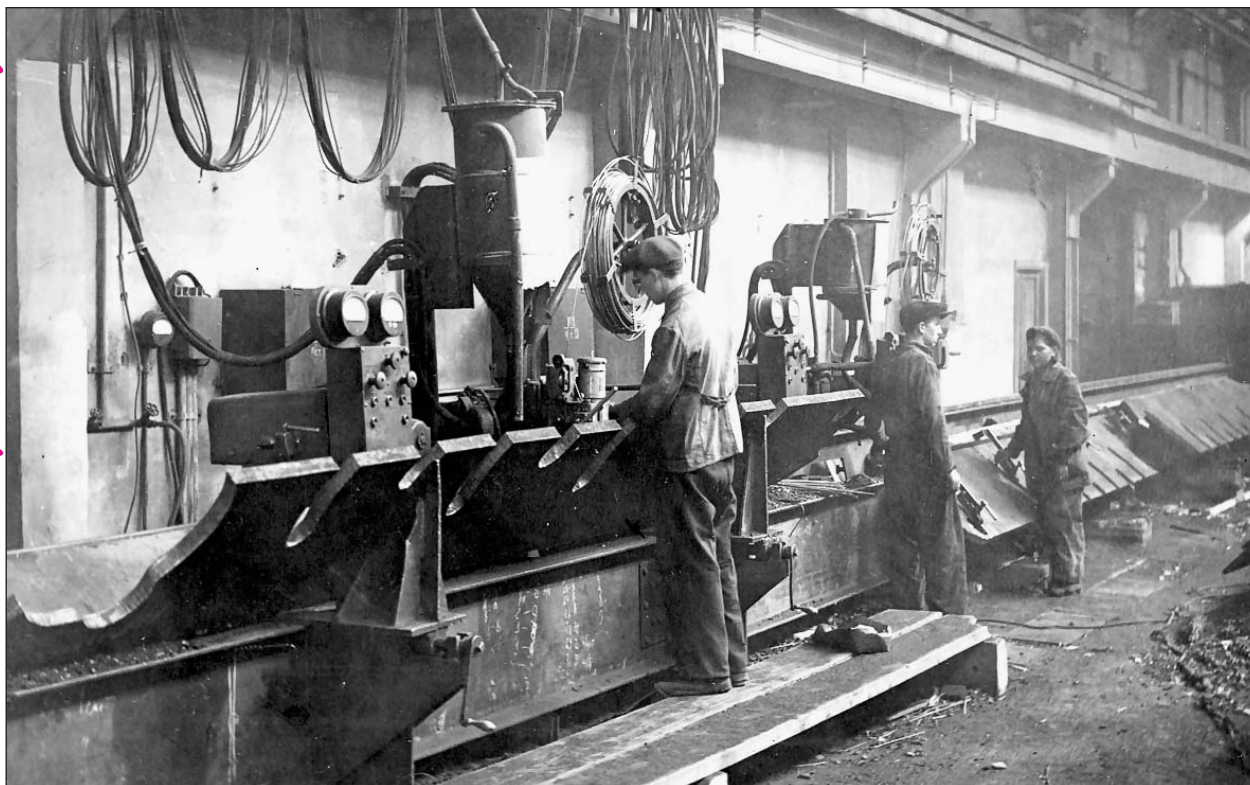
Институт внес большой вклад в победу в Великой Отечественной войне. Бронекорпуса танков требовали огромного объема сварочных работ. На Харьковском заводе имени Коминтерна конструктором М.И.Кошкиным был создан замечательный танк Т-34, «тридцатьчетверка», как его называли. Без автоматической сварки невозможно было бы произвести в годы войны то огромное количество «тридцатьчетверок», в котором нуждалась Красная армия. Такая сварка была внедрена в Нижнем Тагиле на Уралвагонзаводе, который в годы войны стал ключевым в изготовлении «тридцатьчетверок». Рекорд завода — 35 танков Т-34 за сутки! Западные эксперты признали его не только самым массовым, но и лучшим средним танком Второй мировой войны.

Сварка сыграла громадную роль в создании боевой техники. Поэтому 2 марта 1943 г. Евгению Оскаровичу было присвоено звание Героя Социалистического Труда именно за работы по сварному танкостроению, за танк Т-34 и другие виды вооружений. А он в конце войны уже думал о том, как перенести сварку в другие отрасли экономики, на восстановление разрушенного хозяйства, как ее использовать в судостроении, сооружении промышленных корпусов, металлургии, доменных печах и т.д. Тогда в Институте электросварки и были созданы технологии и оборудование, которые позволили решить эти задачи.

В 1953 г., после кончины отца, директором Института электросварки стал Б.Е.Патон. И по сей день он действующий (и очень активно!) директор. При нем в 1958 г. институт стал головным в СССР по сварке. В институте были освоены: контактная стыковая сварка магистральных нефтепроводов и рельсов; электрошлаковая сварка;



Корпус №1 Института электросварки имени Е.О.Патона, в котором располагается мемориальный музей Евгения Оскаровича [10, с.62].



Автоматическая сварка бортов корпуса танка Т-34 сварочными головками академика Е.О.Патона в цехах эвакуированного в Челябинск завода №183 имени Коминтерна (Харьковского паровозостроительного). Май 1942 г. Из фондов Российского государственного архива экономики (РГАЭ. Ф.8752. Оп.4. Д.880).



Солнечная батарея многоразового раскрытия орбитального комплекса «Мир». Для создания и эксплуатации крупногабаритных космических конструкций в Институте электросварки были разработаны новый вид сварки и специальная монтажная аппаратура. Удлиненная солнечная батарея доставлялась на орбиту в сложенном виде и затем полностью раскрывалась в космосе. 1998 г.

Фото автора

сварка титана, в том числе для толстостенных конструкций, работающих в экстремальных условиях; сварка ракетно-космических изделий и сварка в открытом космосе. Разработаны методы безаварийной эксплуатации и контроля качества ответственных сварных конструкций, в том числе блоков атомных электростанций; электронно-лучевые технологии для нанесения специальных защитных покрытий и нанопокровов на порошки и при изготовлении медицинских препаратов, и, наконец, для сварки живых тканей человека [7]!

МАН

Важно было начать противостоять центробежным силам и, найдя адекватную организационную форму сложившимся реалиям, общими усилиями содействовать созданию таких условий для сотрудничества ученых, которые позволили бы эффективно использовать совместный интеллектуальный потенциал как в национальных интересах, так и в интересах самой науки [1, с.341–342].

Необходимость более тесной научной координации академий наук поняли еще в советское время. На совещании Совета президентов академий наук в ноябре 1991 г. в Киеве были выработаны основные принципы создания и деятельности ассоциации, прошедшие затем согласование во всех ака-



Марка Почты России, посвященная 10-летию Международной ассоциации академий наук стран СНГ.

На заседании Совета МААН. 2013 г.
Фото автора



демиях наук республик, входивших в состав СССР. На заседании Совета президентов академий наук в марте 1992 г. был одобрен проект положения о Международной ассоциации академий наук. Но к тому моменту ситуация уже изменилась. После распада СССР творческие и деловые связи научных коллективов, оказавшихся в одночасье по разные стороны государственных границ, были нарушены, ученые лишились доступа к общей системе информации, банкам научных данных, уникальным научным комплексам, которые создавались совместными усилиями. И тогда Борис Евгеньевич стал инициатором создания и сохранения общего научного пространства в рамках СНГ и даже его расширения.

С учетом пожеланий всех заинтересованных академий наук в НАНУ был доработан проект положения о Международной ассоциации академий наук стран СНГ (МААН) с возможностью присоединения иных академий наук. В 1993 г. подписаны учредительные документы МААН. Следует отдать должное государственному руководству Украины, с помощью которого удалось быстро решить вопрос размещения штаб-квартиры организации. Уже в мае 1994 г. указом президента Украины ассоциация получила официальное признание со стороны государства и согласие на размещение штаб-квартиры в Киеве.

Сегодня МААН — международная неправительственная организация, созданная с целями объединения усилий академий наук в решении на многосторонней основе важнейших научных проблем, сохранения исторически сложившихся и развития новых творческих связей между учеными. Каждая из академий наук, входящих в состав ассоциации, полностью независима во всех

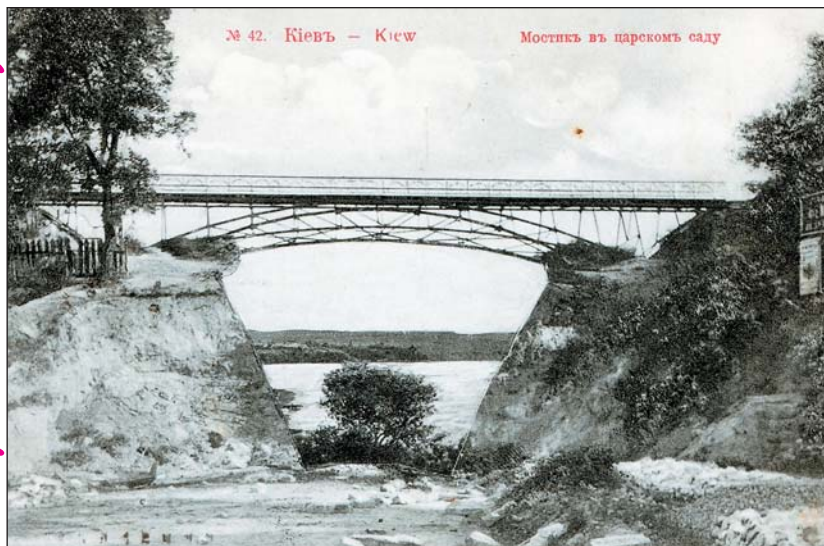
асpekтах своей деятельности. Решения ассоциации по рассматриваемым вопросам носят для академий наук — ее членов — исключительно рекомендательный характер [8].

Со дня основания и до марта 2018 г., на протяжении четверти века, бессменным президентом МААН оставался Б.Е.Патон.

Школа Патонов

Все современные процессы сварки, так же как и большой, и специальной металлургии, рождаются, как правило, на базе новейших достижений фундаментальных наук [10, с.293–294].

Борис Евгеньевич, выдающийся ученый в области сварки, металлургии и материаловедения, и его отец создали всемирно известную патоновскую научную школу. Евгений Оскарович начинал как проектировщик мостов, а 1928 г., когда он познакомился с первыми сварочными технологиями, то решил заняться этой темой, не отказываясь от мостов. Интуиция и опыт подсказали ему, что дальнейшее развитие мостостроения и создание других крупных металлических конструкций невозможно на основе применения клепки. Именно сварка должна была стать альтернативой клепке, но применялась она в те годы без должной научной и технологической проработки, что порой приводило к разрушению создаваемых конструкций. У старшего Патона интерес к металлическим мостам объединился с научным и практическим интересом к сварке. Последнее его детище — цельносварной мост через Днепр в Киеве, который в его честь называли мостом Патона. Это сооружение длиной 1543 м было сдано в эксплуатацию 5 ноября 1953 г. Евгений Оскарович умер



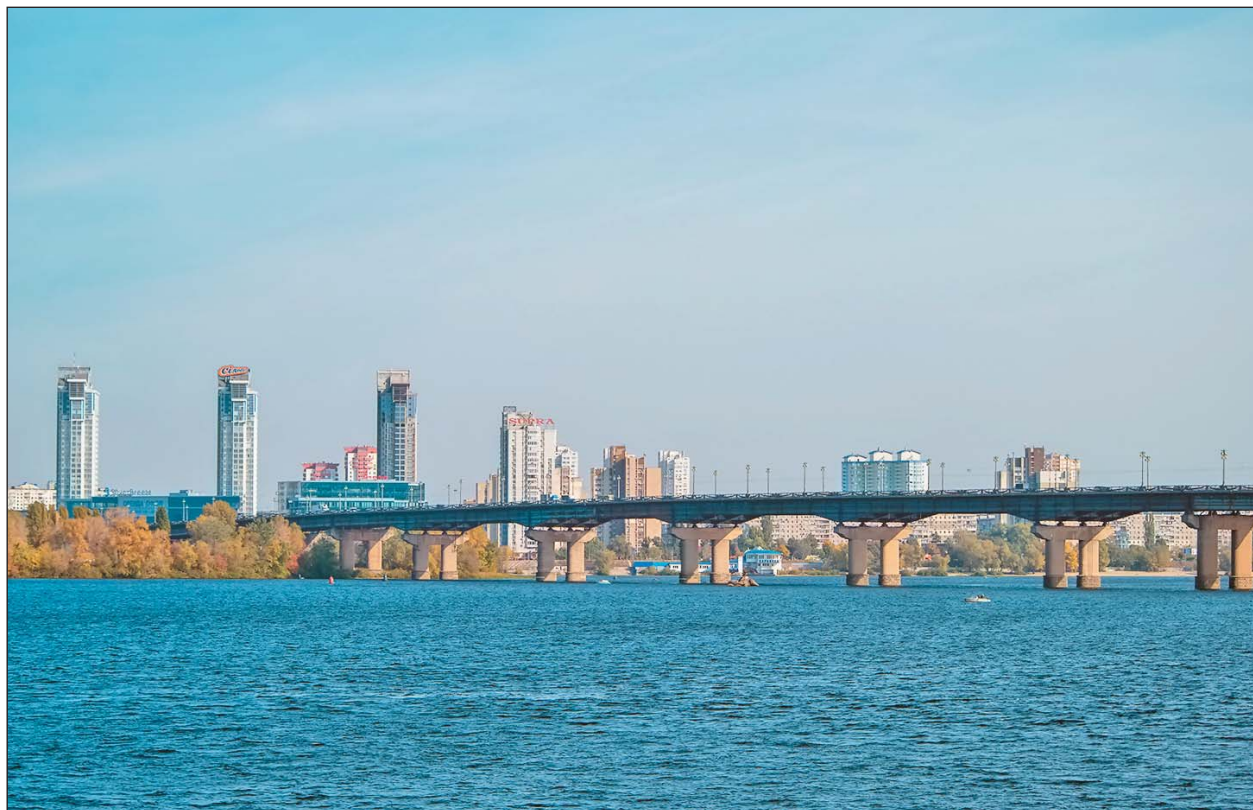
Парковый мост над Петровской аллеей в Царском саду — первая работа Е.О.Патона в Киеве. Открытка 1912 г.

12 августа 1953 г., не дожив до его открытия. Мост замечателен еще и тем, что построен с применением автоматической и полуавтоматической сварки с очень небольшой долей ручной дуговой сварки. Интересно, что проект предусматривал пропуск в течение суток 10 тыс. автомашин, а се-

годня при пиковых нагрузках их число доходит до 80 тыс.

Под руководством Бориса Евгеньевича тематика фундаментальных исследований и прикладных разработок существенно расширилась, были созданы теоретические основы науки о сварке. Новые научно-технические направления получили мировое признание. Для школы Патонов характерно выявление и стимуляция новых «точек роста». Сегодня сотни ученых и инженеров во всем мире развивают научные идеи и технические решения Евгения Оскаровича и Бориса Евгеньевича Патонов и их учеников. Их так много, что стали возникать «дочерние» научно-технические школы, но все они с гордостью считают себя «патоновцами».

Ученых и инженеров патоновской школы отличает нацеленность на достижение практических целей, отсутствие робости перед междисциплинарными проблемами, комплексный подход к решению поставленных задач, постоянное совершенствование найденных решений.



Мост Патона — первый в мире цельносварной мост в Киеве (the-city.kiev.ua).

Патон и будущее науки

Молодежь — это все. Не будет молодежи — не будет научных школ, а научные школы — то, на чем держится наука [1, с.346].

Будущее науки Патон совершенно справедливо связывает с молодежью. Наука всегда была преемственной, молодежь не поднималась в ней без ученых старших поколений.

Борис Евгеньевич огорчен, что сейчас и на Украине, и в России молодежь неохотно идет в науку. Да и те, кто приходит, *после двух-трех лет уходят в бизнес или еще куда-нибудь, где есть деньги и не надо особенно утруждать себя* [4, с.125]. С грустью он констатирует: *Старшее поколение в ряде случаев (я не хочу обобщать), безусловно, оказалось более могучим, чем сегодняшнее, в том числе и в академиях наук* [там же]. Он понимает, что все это результат неудачных реформ образования и науки. Когда реформы проводятся исключительно ради реформ, от этого страдает дело. Зачем копировать западную модель только потому, что она западная? У нас была хорошая система образования, убежден Патон. Надо было ее совершенствовать, развивать, но не ломать.

И тем не менее Борис Евгеньевич верит в молодежь, в то, что придут в науку новые гении, сравняются с титанами прошлого, а затем и преуспеют их.

Он желает молодым ученым не попадать в прокрустово ложе бесконечных реформ. Мечтает о том, чтобы наша молодежь могла учиться в университетах, дающих столь же основательные знания, как раньше. Университет был Школой, где студентов обучали видные профессора и преподаватели, которых теперь не хватает. Хотя сегодня создаются все новые и новые университеты — и государственные, и частные, — без хороших преподавателей это приводит к печальным результатам.

Вспоминая начало своего пути, он желает молодежи, чтобы она поняла, насколько нужны сего-

дня квалифицированные рабочие и техники. Когда-то в стране была хорошая система профессионально-технических училищ, где готовились соответствующие кадры. Эта система, по сути, разрушена. Поэтому квалифицированных рабочих, таких как сварщики или знатоки металлообработки, осталось очень мало.

Он желает молодым ученым, чтобы они получили достойное материальное содержание и хорошие условия для научной работы. Но настоятельно просит не забывать о том, что ученый обязан заниматься научными исследованиями, воспринимать их как дело своей жизни [1, с.346–347]. Как, собственно, и поступал он сам.

* * *

С высоты столетия сам Борис Евгеньевич оценивает результаты своей жизни в науке как счастье: *Постепенно привычка к труду становится смыслом жизни. И заполненность ее научной работой превращает этот смысл в счастье, которое даруется тебе. Мне такое большое счастье выпало, потому что большую часть жизни я работаю в академической среде, а для занятия большой наукой лучшего места в мире просто нет!* [1, 336]. Не рискуя ошибиться, можно сказать, что Национальной академии наук Украины тоже выпала большая удача: более полувека ее ведет за собой столь преданный науке ученый, великодушный организатор с глубоким пониманием роли науки в обществе, человек неиссякаемой энергии и работоспособности, обладающий фундаментальными знаниями и широчайшей эрудицией, способностью предвидеть перспективные тенденции развития науки и техники, сильным характером и умением доводить начатое дело до успешного завершения.

Оба юбиляра — и Патон, и Национальная академия наук Украины — за самоотверженный вековой труд на благо науки достойны счастья «в квадрате», тем более что это «квадрат Патона» — порука достойного места в Истории. ■

Редакция журнала «Природа» искренне поздравляет академика Бориса Евгеньевича Патона и Национальную академию наук Украины со 100-летними юбилеями и желает высоко держать научную планку! Научных успехов, а также добра и благополучия вам и вашим близким!

Литература / References

1. Патон Б.Е. «Чтобы видеть Историю, надо измерять время эпохами» (интервью Ю.М.Батурина с Президентом Национальной академии наук Украины, директором Института электросварки НАН Украины, первым президентом Международной ассоциации академий наук академиком Б.Е.Патоном). Вопросы истории естествознания и техники. 2018; 39(2): 333–347. [Paton B.E. «To see History, Time should be measured by Epochs» (Yu.M.Baturin's interview with academician B.E.Paton, President of the National Academy of Sciences of Ukraine, Director of the Electric Welding Institute of the National Academy of Sciences of Ukraine, the first President of the International Association of academies of sciences). Voprosy istorii estestvoznania i tekhniki (Studies in the History of Science and Technology). 2018; 39(2): 333–347. (In Russ.).]
2. Вернадский В.И. К созданию Украинской академии наук в Киеве. Вернадский В.И. Собр. соч. в 24 т.: Т.13. М., 2013; 252–258. [Vernadsky V.I. To the establishment of Ukrainian Academy of Sciences in Kyiv. Vernadsky V.I. Collected works in 24 volumes: V.13. Moscow, 2013; 252–258. (In Russ.).]

3. Національна академія наук України. 1918–2013: Хронологія. Київ, 2013. [National Academy of Sciences of Ukraine. 1918–2013: Chronology. Kyiv, 2013. (In Ukrainian).]
4. Патон Б.Е. «Впереді повинні стояти інтереси к роботі, а не інтерес набити кармани монетами» (Інтерв'ю директора Інституту історії естествознания і техніки імені С.І.Вавилова РАН члена-корреспондента РАН Ю.М.Батурина з Президентом НАН України, директором Інституту електросварки НАН України, академиком НАН і РАН Б.Е.Патоном). «Вопросы истории естествознания и техники», 2013; 2: 116–131. [Paton B.E. «Work should be matter of Primary Interest rather than Stuffing Pockets with Money!» (Interview of Yu.M.Baturin, Director of S.I.Vavilov Institute for Science and Technology of Russian Academy of Sciences, corresponding member of RAS with B.E.Paton, academician of the National Academy of Sciences of Ukraine and the Russian Academy of Sciences, Director of the Institute for Electric Welding of the National Academy of Sciences). *Voprosy istorii estestvoznania i tekhniki* (Studies in the History of Science and Technology). 2013; 2: 116–131. (In Russ.).]
5. Патон Б.Е. 50 років на чолі Академії. Київ, 2012. [Paton B.E. 50 years at the top of Academy. Kyiv, 2012. (In Ukrainian).]
6. Президенти Академії наук України за 100 років її існування: Науково-організаційний внесок в прогрес фундаментальної науки. Київ, 2018. [Presidents of the Ukrainian Academy of Sciences during 100 years of its activity: Scientific and institutional contribution into progress of fundamental science. Kyiv, 2018. (In Ukrainian).]
7. Мазур А.А., Снежко В.І. Очерки истории Института электросварки им.Е.О.Патона НАН Украины. Киев, 2018. [Mazur A.A., Snezhko V.I. Essays on the History of E.O.Paton Electric Welding Institute of National of Sciences of Ukraine. Kyiv, 2018. (In Russ.).]
8. Патон Б.Е. Международная ассоциация академий наук: два десятилетия консолидации ученых на постсоветском пространстве. Вопросы истории естествознания и техники. 2015; 36(3): 508–536. [Paton B.E. International Association of Academies of Sciences: two decades of scientist's consolidation on post-soviet space. *Voprosy istorii estestvoznania i tekhniki* (Studies in the History of Science and Technology). 2015; 36(3): 508–536. (In Russ.).]
9. Патон Б.Е. Наука. Техника. Прогресс. М., 1987. [Paton B.E. Science. Technology. Progress. Moscow, 1987. (In Russ.).]
10. Біобібліографія Президента НАН України Б.Е.Патона. Київ. 2008. [Biobibliography of B.E.Paton, the President of the National Academy of Sciences of Ukraine. Kyiv, 2008 (In Ukrainian).]

Patonian Square To the 100-th anniversary of academician B.E.Paton

Yu.M.Baturin

Vavilov Institute for the History of Sciences and Technology, RAS (Moscow, Russia)

The article is devoted to the 100-th anniversary of the National Academy of Sciences of Ukraine (NASU) and simultaneously to the 100-th anniversary of academician B.E.Paton, President of NASU and Head of the Paton Electric Welding Institute of NASU (PWI). National Academy of Sciences is an important symbol of Ukrainian State from its foundation till nowadays. NASU had an essential influence as important system-forming national center and also contributed to the consolidation of society and identification of resources for its development. PWI was founded by academician E.O.Paton, father of B.E.Paton. The Institute is a largest R&D Center in the field of welding and allied technologies. For a quarter of century academic B.E.Paton headed International Association of Academies of Sciences which was established in 1993 by the initiative of NASU to combine on multilateral basis efforts of Academies of Sciences to find solutions for most important scientific problems, preserve the historically established academic links, and expand new relations among researches.

Keywords: anniversary, academy, president, welding, scientific school, Ukraine.

Геология. История науки

М.И.Кузьмин. МОЕ ПОЗНАНИЕ ГЕОЛОГИИ ЗЕМЛИ. Новосибирск: Академическое издательство «Гео», 2018. 216 с.

Академик Михаил Иванович Кузьмин описал свой жизненный путь и становление как ученого — от лаборанта, научного сотрудника и до директора Института геохимии имени А.П.Виноградова Сибирского отделения РАН. В части первой («Детство и школьные годы») рассказал о родителях, о войне глазами ребенка 3–7 лет и о школьных годах. Часть «Студенческие годы. Формирование специалиста-геолога» посвящена учебе на геологическом факультете Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова, практикам, учителям и друзьям. В части «Мой путь геолога» Кузьмин вспоминает: о работах по изучению геохимии гранитного магматизма и связанной с ним металлогении Восточного Забайкалья, а также мезозойского магматизма и офиолитовых комплексов Восточной Монголии; об участии в экспедициях по изучению рифтовых зон океанов с использованием подводных аппаратов «Пайсис» и «Мир»; о проекте «Бурение на Байкале», позволившем реконструировать палеоклимат Центральной Азии за последние 8 млн лет. Название четвертой части — «Подводя итоги моей работы по изучению геологии Земли» — говорит само за себя. Завершающая книгу часть «Мое общественно-политическое кредо» посвящена политическим убеждениям Михаила Ивановича, его отношению к обществу и общественно-организационным поручениям, которые он выполнял в различные годы жизни, а также проблемам организации науки в России сегодня.



История науки и общества

«...ПРЕБЫВАЕТ ВЕЧНО»: Письма П.А.Флоренского, Р.Н.Литвинова, Н.Я.Брянцева и А.Ф.Вангенгейма из Соловецкого лагеря особого назначения: В 4 т. Т.4 / Сост. П.В.Флоренский; комм. П.В.Флоренского, Л.В.Милосердовой, А.И.Олексенко, А.А.Санчеса, В.П.Флоренского (мл.), Т.А.Шутовой. М.: Международный центр Рерихов; Коломна: Серебро Слов, 2017. 648 с.



Завершающий том издания соловецкого эпистолярного ученого и священника Павла Флоренского и его союзников: профессора-химика Романа Николаевича Литвинова; инженера, одного из создателей Урало-Кузнецкого комбината (по программе «Урало-Кузбасс», предполагавшей объединение производительных сил Урала и Западной Сибири) Николая Яковлевича Брянцева и организатора Единой гидрометеорологической службы СССР Алексея Феодосьевича Вангенгейма. Письма, как и послания апостола Павла, написанные по пути к казни, не только свидетельство зла и беззакония — прежде всего это утверждение величия человека, ни при каких обстоятельствах не отрекающегося от Истины и добра. Написанные в тяжелейших условиях лагеря, они исполнены удивительной силы духа, ощущения глубины и гармонии бытия. Письма публикуются с обширными комментариями, сопроводительными статьями и справочным аппаратом. Приведены документы и фотографии, рассказывающие о природе Соловков, о концлагере, а также портреты близких и родственников узников. В 1937 г. большинство заключенных Соловецкой тюрьмы особого назначения были расстреляны и захоронены в братских могилах. И пусть память о них пребывает вечно...

Информация для авторов

Журнал «Природа» публикует работы по всем разделам естествознания: результаты оригинальных экспериментальных исследований; проблемные и обзорные статьи; научные сообщения и краткие рефераты наиболее примечательных статей из научных журналов мира; рецензии; персоналии; материалы и документы по истории естественных наук. Авторами могут быть специалисты, работающие в том направлении, тема которого раскрывается в статье. Суть проблемы необходимо излагать ясно и просто, избегая узкопрофессиональных терминов и математически сложных выражений. Статьи рецензируются и проходят редакционную подготовку.

Допустимый объем статьи — до 30 тыс. знаков (с пробелами). В редакцию материалы можно

прислать по электронной почте. Текст статьи, аннотация (на русском и английском языках), таблицы, список литературы и подписи к иллюстрациям оформляются одним файлом в формате doc, txt или rtf. Иллюстрации предоставляются отдельными файлами. Принимаются векторные и растровые изображения в форматах EPS или TIFF (без LZW-компрессии). Цветные и полутоновые изображения должны иметь разрешение не ниже 300 dpi, черно-белые (Bitmap) — не менее 800 dpi. Векторные изображения должны быть выполнены в программе CorelDRAW или Adobe Illustrator.

Поступление статьи в редакцию подтверждает полное согласие автора с правилами журнала. См.: <https://www.ras.ru/publishing/nature.aspx>; <https://ras.jes.su/submit-paper-ru.html>

ПРИРОДА

12+

Ответственный секретарь
Е.А.КУДРЯШОВА

Заведующая редакцией
И.Ф.АЛЕКСАНДРОВА

Свидетельство о СМИ ПИ №1202 от 13.12.1990

Научные редакторы
М.Б.БУРЗИН
Т.С.КЛЮВИТКИНА
Е.В.СИДОРОВА
К.Л.СОРОКИНА
Н.В.УЛЬЯНОВА
О.И.ШУТОВА

Литературный редактор
Е.Е.ЖУКОВА

Перевод содержания:
Т.А.КУЗНЕЦОВА

Графика, верстка:
С.В.УСКОВ

Адрес редакции: 117997,
Москва, ул.Профсоюзная, 90 (к.417)
Тел.: (495) 276-70-36 (доб. 4171, 4172)
E-mail: priroda@naukaran.com

Подписано к печати 16.11.2018 г.
Формат 60×88¹/₈. Усл. печ. л. 12,0
Тираж 290 экз., включая 24 экз. бесплатно
Заказ 30/11а
Цена свободная

Учредитель: Российская академия наук
Издатель: Российская академия наук
Исполнитель по контракту №4У-ЭА-014-18 ООО «Интеграция: Образование и Наука»
117418, Нахимовский проспект, 47
Отпечатано в ООО «Институт информационных технологий»

<https://ras.jes.su/priroda>

<https://www.ras.ru/publishing/nature.aspx>

При использовании материалов ссылка на журнал «ПРИРОДА» обязательна.

в следующем номере



В 2018 г. ученые впервые расшифровали геном лисицы обыкновенной (*Vulpes vulpes*) и получили новые данные о генетических основах поведения этого животного. В исследованиях международного научного коллектива активно участвовали специалисты Института цитологии и генетики СО РАН. Совместная работа генетиков, зоологов, биоинформатиков, состоявшаяся в наши дни благодаря эпохальному эксперименту академика Д.К.Беляева по domestikации лисиц, открывает новые перспективы в различных сферах фундаментальной науки — в частности, расширяет возможности поиска генов, контролирующих социальное поведение представителей класса млекопитающих. О возможностях уникальной «лисий модели» редактору журнала «Природа» рассказала руководитель международного проекта, профессор Департамента наук о животных Иллинойского университета (США) А.В.Кукекова.

НОВЫЕ ПЕРСПЕКТИВЫ «ЛИСЬЕЙ МОДЕЛИ» В ИЗУЧЕНИИ ГЕНЕТИКИ ПОВЕДЕНИЯ
Интервью с **А.В.Кукековой**

