



ISSN 0514-7468

40 (2)

2018

ЖУРНАЛ ЗЕМЛИ

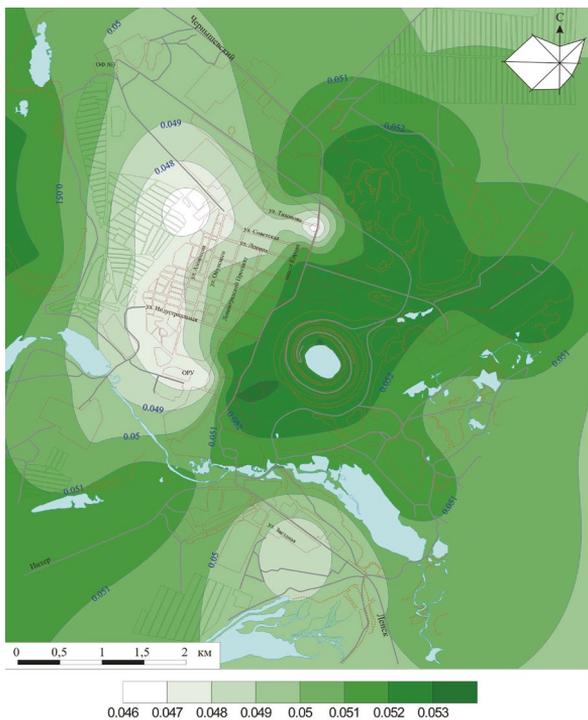
Журнал Земли

2018 40 (2)

2018



ПРАКТИКА ОЦЕНКИ ЗДОРОВЬЯ СРЕДЫ (см. с. 183–198)



Карта «здоровья» г. Мирный.

ЖЕНЩИНЫ И ГЕОЛОГИЯ: ПЕРВООТКРЫВАТЕЛИ (см. с. 249–250)





ISSN 0514-7468

Жизнь Земли

2018

Т. 40, № 2

МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Издаётся с 1961 года,
журнальная ежеквартальная версия обновлена с 2016 года

Редакционный совет:

В.А. Садовничий (председатель Совета), Н.А. Абакумова, Ф.Г. Агамалиев (Азербайджан), А.П. Бужилова, С.А. Добролюбов, М.В. Калякин, Н.С. Касимов, М.П. Кирпичников, А.И. Клюкина, Нгуен Трунг Минх (Вьетнам), С.Х. Мирзоев (Таджикистан), А.С. Орлов, Д.Ю. Пушаровский, Н.Г. Рыбальский, С.А. Шоба

Редакционная коллегия:

А.В. Смуров (гл. редактор), В.В. Снакин (зам. гл. редактора), Л.В. Алексева (отв. секретарь), С.М. Аксёнов (США), М.И. Бурлыкина, И.Л. Ган (Австралия), Е.П. Дубинин, А.В. Иванов, В.В. Козодёров, Н.Н. Колотилова, С.Н. Лукашенко (Казахстан), С.А. Маскевич (Беларусь), Йован Плавша (Сербия), Е.С. Полковникова, Л.В. Попова, А.П. Садчиков, С.А. Слободов, В.Р. Хрисанов, В.С. Цховребов, Э.И. Черняк, П.А. Чехович



**ИЗДАТЕЛЬСТВО
МОСКОВСКОГО
УНИВЕРСИТЕТА
2018**

Адрес редакции:

119991, Москва, Ленинские Горы, МГУ,
Музей землеведения;
Тел.: +7 (495) 939-14-15; +7 (495) 939-12-21;
e-mail: zhizn_zemli@mail.ru
<http://zhiznzemli.ru>
[http://msupress.com/catalogue/magazines/
geografiya/](http://msupress.com/catalogue/magazines/geografiya/)



ISSN 0514-7468

Zhizn' ZEMLI

2018
Vol. 40, № 2

[THE LIFE OF THE EARTH]

SCIENTIFIC AND PRACTICAL INTERDISCIPLINARY JOURNAL

Published four times a year from 2016

Editorial council:

V.A. Sadovnichy (Council Chairman), N.A. Abakumova, F.G. Agamaliyev (Azerbaijan), A.P. Buzhilova, S.A. Dobrolyubov, M.V. Kalyakin, N.S. Kasimov, M.P. Kirpichnikov, A.I. Klyukina, Nguen Trung Minh (Vietnam), S.H. Mirzoev (Tajikistan), A.S. Orlov, D.Yu. Pushcharovskiy, N.G. Rybalskiy, S.A. Shoba

Editorial board:

A.V. Smurov (Ch. Editor), V.V. Snakin (deputy Ch. Editor), L.V. Alekseeva (Resp. Secretary), S. Aksenov (USA), M.I. Burlykina, I.L. Gan (Australia), E.P. Dubinin, A.V. Ivanov, V.V. Kozoderov, N.N. Kolotilova, S.N. Lukashenko (Kazakhstan), S.A. Maskevich (Belarus), J. Plavska (Serbia), E.S. Polkovnikova, L.V. Popova, A.P. Sadchikov, S.A. Slobodov, V.R. Khrisanov, V.S. Chovrebov, E.I. Chernyack, P.A. Chekhovich



PUBLISHING
Moscow State University
2018

Editorial address:

119991, Moscow, Leninskiye Gory, MGU,
Earth Science Museum;
Tel.: +7 (495) 939-14-15; 7 (495) 939-12-21;
e-mail: zhizn_zemli@mail.ru
<http://zhiznzemli.ru>
[http://msupress.com/catalogue/magazines/
geografiya/](http://msupress.com/catalogue/magazines/geografiya/)

СОДЕРЖАНИЕ

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ГЕОСФЕР

<i>Глуховский М.З.</i> О масштабном импактном событии на неоархейском этапе тектоно-магматической эволюции Оленёкской кольцевой структуры и о его следствиях	132
<i>Фёдоров В.М.</i> Прогноз изменения уровня Мирового океана на основе расчётов инсоляции Земли	143

ЗДОРОВЬЕ СРЕДЫ

<i>Захаров В.М., Смуров А.В.</i> Концепция здоровья среды: история и перспективы развития (основные вехи)	152
<i>Клеймёнов С.Ю.</i> Качество среды обитания и энергетическая цена онтогенеза	158
<i>Минин А.А., Ранькова Э.Я., Буйолов Ю.А., Сапельникова И.И., Филатова Т.Д.</i> Фенологические тренды в природе центральной части Русской равнины в условиях современного потепления	162
<i>Розенберг Г.С.</i> Устойчивость биотических сообществ и элементы фрактальной геометрии	174
<i>Шадрин Е.Г., Вольперт Я.Л.</i> Практика оценки здоровья среды: эффективность применения показателя флуктуирующей асимметрии и других биоиндикационных подходов	183

МУЗЕЙНАЯ ПЕДАГОГИКА

<i>Ковалёв А.А., Горяйнов С.В.</i> Особенности преподавания курса «геологические формации» в Харьковском национальном университете	199
--	-----

ВЕСТИ ИЗ МУЗЕЕВ

<i>Милосердов Д.Ю.</i> Воссоединение спустя столетие	212
--	-----

ИСТОРИЯ НАУКИ

<i>Молошиников С.В.</i> Антиархи: от оболочников к челюстноротым. Из истории палеоихтиологических исследований	218
--	-----

АКТУАЛЬНАЯ ТЕРМИНОЛОГИЯ

<i>Снакин В.В.</i> Здоровье среды	228
---	-----

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

<i>Дроздов А.В.</i> Географ, поэт, наставник (к 105-летию со дня рождения Ю.К. Ефремова)	239
--	-----

ХРОНИКА. СОБЫТИЯ

125 лет со дня рождения Ю.А. Орлова (<i>С.В. Молошиников, Е.М. Кирилишина</i>) ...	243
К 75-летию со дня рождения А.М. Гилярова (<i>Т.А. Горелова</i>)	245
V Всероссийская научно-практическая конференция «Медицинские музеи России: перспективы развития» (<i>Н.Н. Колотилова</i>)	246
«Импактиты из коллекции В.П. Белова» – новая выставка в библиотеке геологического факультета МГУ (<i>К.А. Скрипко, Л.Д. Семёнова, А.Н. Филаретова</i>)	248
«Женщины и геология: первооткрыватели» – новая выставка в Музее землеведения МГУ (<i>К.А. Скрипко, Л.Д. Семёнова, А.Н. Филаретова</i>)	249
«Путешествие по жизни. В поисках настоящего». Выставка фоторабот В.М. Захарова в Музее землеведения МГУ	250

КНИЖНОЕ ОБОЗРЕНИЕ	252
TABLE OF CONTENTS	256

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ГЕОСФЕР

УДК 523.681:551.24.031

О МАСШТАБНОМ ИМПАКТНОМ СОБЫТИИ НА НЕОАРХЕЙСКОМ ЭТАПЕ ТЕКТОНО-МАГМАТИЧЕСКОЙ ЭВОЛЮЦИИ ОЛЕНЁКСКОЙ КОЛЬЦЕВОЙ СТРУКТУРЫ И О ЕГО СЛЕДСТВИЯХ

М.З. Глуховский¹

На основании анализа геолого-геофизических данных выдвигается версия о причинно-следственной связи неoarхейского импактного события (2.6–2.4 млрд лет) и последующих этапов тектоно-магматической эволюции Оленёкской кольцевой структуры. Импактное событие вызвало синхронный термо-флюидный взрыв и формирование вертикальной коро-мантийной системы разломов. Закратерный выброс газо-пылевого облака с фрагментами дезинтегрированной алмазоносной мантии сопровождался эпигенезом алмазов и их последующим высвобождением в процессе выветривания мантйных пород, осаждённых из кратерного выброса. Современные промышленные россыпи образовались после размыва древних (рифей – мел) промежуточных коллекторов. Формирование сводового поднятия способствовало накоплению россыпей в его периферической части.

Ключевые слова: *кольцевая структура, импактное событие, деформации литосферы, тектоника, полихронный магматизм, источники алмазоносных россыпей.*

THE LARGE-SCALE IMPACT EVENT DURING THE NEOARCHEAN TECTONO-MAGMATIC EVOLUTION OF THE OLENYOK RING STRUCTURE AND ITS AFTER-EFFECTS

M.Z. Glukhovskii, Dr.Sci (Geol.)

Geological Institute, Russian Academy of Sciences

The aim of the article is to establish cause-and-effect relationship between the Neoarchean impact event (2.6–2.4 billion years ago) and the consequent stages of the tectono-magmatic evolution of the Olenyok ring structure. According to the article, the impact event caused a synchronous thermal and fluid explosion and formation of vertical

¹ Глуховский Марат Зиновьевич – д.г.-м.н., в.н.с. Геологического института РАН, maratg31@yandex.ru.

crust-mantle fracture system, which resulted in a high degree of magmatic and thermal fluid permeability that was active from the Paleoproterozoic Era to the Phanerozoic Eon. External crateral emission of a gas-dust cloud with fragments of disintegrated Pre-Cambrian diamond mantle was accompanied by epigenesis of diamonds and their consequent release in the process of weathering of mantle rocks which deposited from the materials of the external crateral emission. Modern industrial diamond placer deposits formed after washing out of ancient (from the Rhiphaean to the Cretaceous period) reservoir rocks. The high degree of magmatic permeability in the Phanerozoic Eon provided introduction of intraplate intrusive sheet in the form of dikes and sills of the main composition, as well as unproductive kimberlites, as diamonds were extracted together with mantle fragments as a result of the large-scale impact event. The formation of the bending fold contributed to accumulation of diamond placer deposits on the sides of the anticlinal fold.

Keywords: ring structure, impact event, lithosphere deformation, tectonics, composite magmatism, diamond placer deposits.

Введение. В геологической истории Земли, особенно на ранних этапах её развития, большую роль сыграли масштабные импактные события, которые инициировали формирование сиалических ядер континентов в гадее (4.4–3.9 млрд лет) и оказывали большое влияние на ход последующих (3.4–3.2, 2.6–2.4 и 2.0–1.85 млрд лет) этапов тектоно-магматической эволюции нашей планеты. С этими этапами совпали процессы формирования крупных месторождений железистых кварцитов и золота в зеленочаменных поясах, образование разнотипных месторождений урана, алмазов и др. [3–5, 15, 18]. Часто следы древних разномасштабных астероидных атак видны на космических снимках поверхности Земли в виде кольцевых структур, которые отличаются центрозональным строением аномальных гравитационных и магнитных полей, специфической глубинной структурой и, кроме этого, сопровождаются специфическими породами-индикаторами ударного метаморфизма, сформировавшимися в условиях высоких давлений и температур. Однако находки таких пород не повсеместны, что зависит от степени обнажённости мишени.

Цель, задачи и методы исследования. Целью исследования является выявление причин зарождения и механизмов полихронного геотектонического развития и алмазоносности такой уникальной и масштабной кольцевой структуры земной коры, как Оленёкское поднятие. Работа направлена на решение двух основных задач. Первая задача – установление инициальной импактной природы Оленёкской кольцевой структуры (далее ОКС), вторая – комплексное решение вопросов, касающихся следствий древнего импактного события: выявление причинно-следственных связей между этим событием и этапами последующей тектоно-магматической эволюции ОКС, включая проблему возможных коренных источников докембрийских алмазов в современных промышленных россыпях ОКС.

Эти задачи решаются путём расшифровки особенности глубинного строения ОКС по геофизическим данным. Для характеристики геологии и алмазоносности района ОКС были привлечены как опубликованные материалы, так и собственный опыт изучения кольцевых структур Сибирской платформы [3, 4, 5], включающий сравнительный анализ с другими соизмеримыми древними астроблемами Земли. Часть использованных литературных источников не вошла в список литературы, но на них имеются ссылки в цитируемых работах.

Общие сведения и особенности геофизического строения ОКС как отражение импактного события. Оленёкская кольцевая структура диаметром 380–420 км распо-

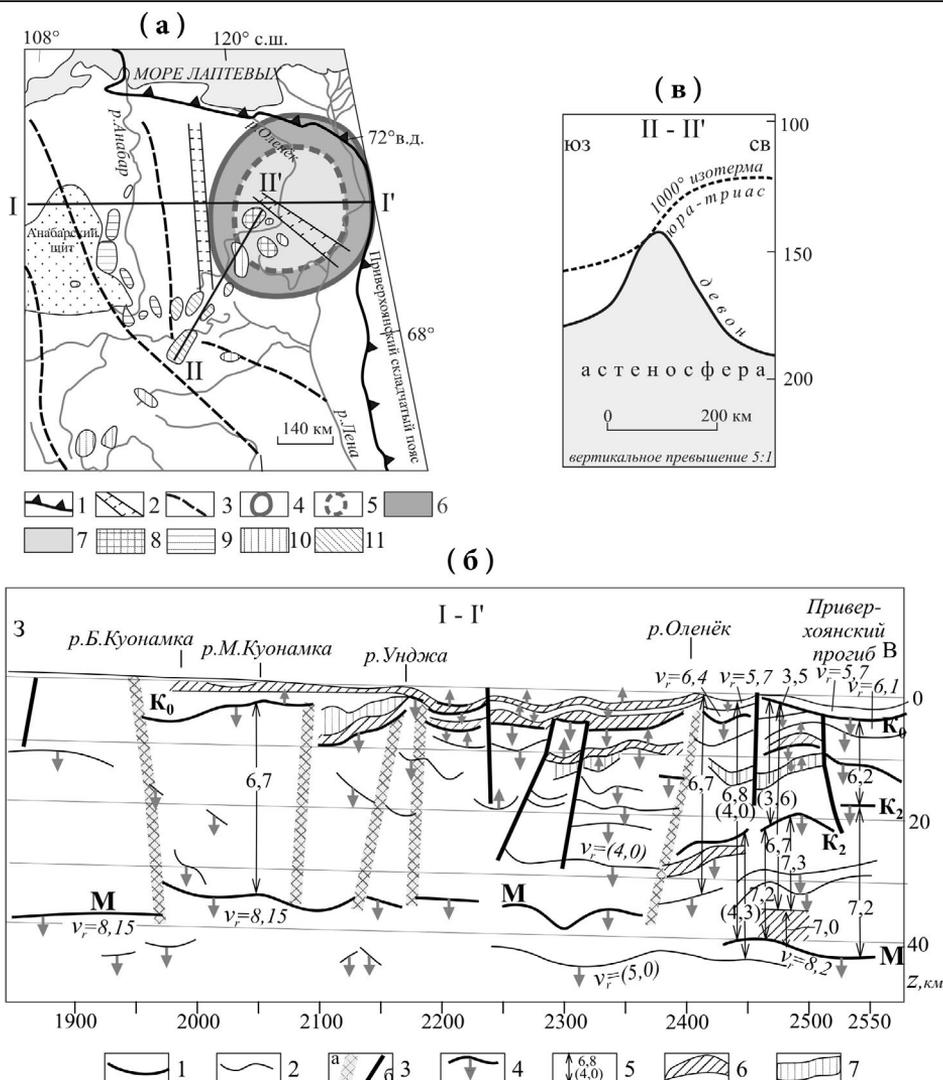


Рис. 1. Генерализованная схема аномальных магнитных и гравитационного полей, пространственного размещения кимберлитов и глубинного строения Оленёкской кольцевой структуры. **а)** Оленёкская кольцевая структура в грави-магнитных полях и размещении полей кимберлитов разного возраста (по [3, 16]): 1 – граница Сибирской платформы; 2 – Уджинский и Кютюгинский погребённые палеорифты; 3 – разломы; 4, 5 – внешний (4) и внутренний (5) контуры Оленёкской кольцевой структуры; 6 – внешняя зона положительных магнитных и отрицательных гравитационных аномалий; 7 – внутренняя область отрицательных магнитных и положительных гравитационных аномалий; 8–11 – кимберлитовые поля и их возраст: 8 – J₂-K₁, 9 – T₁, 10 – D₂-C₁, 11 – S₁ – D₂. **б)** восточный фланг сейсмического разреза по профилю ГСЗ Воркута – Тикси (по [8]): 1 – сейсмические границы, построенные по нескольким типам волн; 2 – границы обмена; 3 – зоны разломов (а – мантийные, б – коровые); 4 – направление увеличения скорости волн Р; 5 – скорости волн Р, в скобках волн S определённые по отражённым волнам, км/с; 6, 7 – слоистая структура литосферы Оленёкского тренда профиля Мирный – Куойка, построенного по данным электронного анализа основных и редких элементов микропроб хромитов и гранатов из кимберлитов полихронных полей (см. рис. 1а) [16]. *Примечание:* линии профилей I – I' (на рис. 1б) и II – II' (на рис. 1в) показаны на схеме (1а).

ложена на северо-востоке Сибирской платформы (рис. 1а). Она выражена в рельефе в виде свода, хорошо дешифрируемого на космических снимках [3]. В пределах этой структуры широко развиты проявления внутриплитного магматизма, в т. ч. и кимберлитового. В районе ОКС расположены как древние, так и современные богатые промышленные россыпи алмазов, хотя многочисленные кимберлитовые трубки, за небольшим исключением, алмазов не содержат [2, 6, 7, 10].

В магнитном поле ОКС выделяется внешняя кольцевая зона положительных (от 1 до 5–10 нТл) аномалий (ΔT_a) шириной 70–75 км, и внутренняя часть диаметром 280×300 км с отрицательными (до -1 нТл) значениями (ΔT_a). В гравитационном поле внешняя кольцевая зона структуры с отрицательными значениями поля силы тяжести в редукции Буге (от -5 до -40 мГал) резко сменяется полем положительных значений этого показателя от 10–15 мГал до 20–25 мГал (см. рис. 1а) во внутренней части [3].

Глубинное строение ОКС отражено на сейсмическом профиле Воркута-Тикси [8], который между пунктами 2250–2500 км пересекает её по диаметру (рис. 1а, б). В районе пункта 2250 км профиль входит в зону геодинамического влияния ОКС, которая в восточной краевой части перекрывается полого надвинутыми образованиями Приверхоанского прогиба. В этой зоне видны разрывы и хаотичное перемещение деформированных сейсмических границ и, в частности, кровли древней консолидированной коры K_0 , промежуточной границы K_2 и других более глубинных сейсмических разделов, которые перемещены вертикально вниз по коро-мантийным разломам с соответствующим направлением увеличения пластовых скоростей Р-волн. Внимания заслуживают также деформации границы Мохо, которая на некоторых участках исчезает вовсе (см. рис. 1б).

Подобные космофотогеологические [3] и некоторые геофизические показатели ОКС типичны для таких крупных докембрийских импактных структур, как Бангуи (более 3.0 млрд лет, диаметр 810 км) и Вредефорт в Южной Африке (2.02 млрд лет, диаметр 300 км), Садбери в Канаде (1.85 млрд лет, диаметр 250 км), Котуйкан на севере Сибири (1.9 млрд лет, диаметр 250 км) [4, 17]. Все они выражены на космических снимках в виде кольцевых структур, частью обнажены и несут прямые следы шокового метаморфизма. В отличие от них предполагаемая Оленёкская астроблема перекрыта палеопротерозойским протоплатформенным и фанерозойским платформенным чехлами [6, 14]. Поэтому здесь не обнаружено прямых признаков астероидного удара в виде пород-индикаторов этого события. Кроме того, внутренняя часть ОКС характеризуется положительными значениями гравитационного поля, тогда как все перечисленные выше импактные структуры отличаются отрицательными значениями этого показателя [4], что, как будет показано ниже, имеет свое объяснение. Астроблемы, соизмеримые с ОКС, в сравнении с ударными структурами Луны и Земли (при размерах ударника до 15 км и скорости падения 20 м/сек) образуют кратеры глубиной 5–6 км и вертикальную зону коро-мантийных разломов, ударных брекчий и трещин глубиной до 100–140 и более км [4]. Поэтому можно предположить, что на месте падения гигантского астероида возник кратер диаметром 400 и более км и глубиной до 6 км с вертикальной колонной разрывных нарушений, формирующих тектонически ослабленную структуру (см. рис. 1б). Не исключено, что высокоэнергетическое импактное событие могло вызвать встречный эндогенный термо-флюидный эксклюзивный взрыв [11], ещё более усложнивший глубинные неоднородности ОКС. Такой механизм почти синхронного сочетания двух встречных ударов мог привести к интенсивной деформации мантийно-корового слоя, разрывная структура которого в течение всей геологической истории ОКС служила каналом тепломассопереноса, и высокой степени магматической проницаемости.

Первое следствие импактного события: дезинтеграция мантии, закратерный выброс и эпигенез алмазов. В результате встречных процессов – удара астероида и субсинхронной с ним глубинной термо-флюидной экструзии – в мантии происходило декомпрессионное вскипание высокотемпературной флюидизированной и богатой водой магмы, что неизбежно могло привести к дезинтеграции алмазоносной мантии с преобразованием кристаллов алмазов (по типу уральских) [11]. Этот скоротечный процесс завершился закратерным выбросом газо-пылевого облака, включающего капли расплава коры и обломки мантии, в т. ч. алмазоносной. При этом алмазы подверглись эпигенетическим преобразованиям. И действительно, алмазы из промежуточных коллекторов в современных россыпях ОКС по своим морфологическим характеристикам относятся к разновидностям V–VII и X (карбонадо). Все они росли в верхней мантии в раннем докембрии [2, 7, 10, 13].

Особая роль как индикатора импактного события принадлежит карбонадо. Из многочисленных литературных источников следует, что карбонадо – это разновидность алмаза, не связанная с кимберлитами. Её формирование до сих пор не имеет однозначного объяснения. Как правило, это мелкозернистые, часто пористые (до шлакоподобных) зёрна. Они имеют форму желваков, мелких обломков и осколков, иногда с округлыми кромками. Характеризуются включениями примесей железа, кобальта, алюминия и др. металлов. Особая роль как показателя образования карбонадо принадлежит графиту, благодаря которому минерал во внешней оболочке приобретает тёмно-серый, буровато-чёрный или коричневый цвета. Внутри зёрна карбонадо часто почти прозрачные, что свидетельствует о скоротечном поверхностном процессе графитизации. Исходя из этих особенностей, эта разновидность алмазов, по нашему мнению, могла образоваться в самом начале импактного процесса в алмазоносной мантии за счёт эпигенеза классических (октаэдрических, додекаэдрических и кубических) разновидностей алмазов в условиях высоких температур и давления. При ударе крупного астероида температура на глубине мантии достигает 900–1000°C, а давление – 60 ГПа [4]. Эти параметры (при высокой скорости импактного процесса) достаточны для частичного перехода алмаза в графит как по массе кристаллов первородных алмазов на больших глубинах (тогда образуются разновидности X-карбонадо), так и по трещинам с образованием других V–VII разновидностей алмазов (см. ниже) в высокотемпературном закратерном выбросе. Таким образом, подтверждается мнение о том, что кристаллизация карбонадо осуществлялась непосредственно в РТ-условиях ударного бассейна [1]. Это согласуется с версией об импактном событии, речь о котором шла ранее.

Следы эпигенеза алмазов в режиме высоких давлений и температур и последующей эрозии в ходе неоднократного формирования древних россыпей хорошо видны на примере алмазов разновидности V. Они имеют округлую форму, тёмную окраску и следы механического воздействия в виде шрамов и обильных трещин с графитом и флюидными включениями. В россыпях преобладают также округлые додекаэдры, кривогранные ромбододекаэдры эбеляхского типа (VII разновидность), а также сростки додекаэдров (V–VII разновидности) и жёлто-оранжевые (за счёт экзогенного ожелезнения) кубоиды II разновидности [2]. Считают, что ромбододекаэдры возникли путём частичного растворения октаэдрических кристаллов по всему их объёму, отличающихся дефектами, связанными с термодинамическими процессами [13]. Кроме графитизации по трещинам, они насыщены углекислыми, азотными и углеводородными включениями с «лёгким» составом углерода, свойственным сиалической коре: $\delta^{13}\text{C} = -24.16\text{‰} - -15.48\text{‰}$. По этому показателю эти разновидности алмазов отнесены

к минералам невыясненного генезиса, в отличие от алмазов из кимберлитов Якутской провинции с изотопно «тяжёлым» (мантийным) составом углерода: $\delta^{13}\text{C} = -7.38\text{‰} - -13.6\text{‰}$ [10]. Эти геохимические особенности Оленёкских алмазов могли быть связаны с водонасыщенным термо-флюидным воздействием во время глубинного взрыва, синхронного с импактным событием, о чём говорилось выше [11]. В этих условиях в алмазах докембрийского, некимберлитового и нелапроитового источника, по трещинам развивались внутренние напряжения и процессы графитизации и флюидизации [2, 10].

Таким образом, первым следствием импактного события следует считать механизм комбинированного взрыва, который привёл: а) к массовому закратерному выбросу насыщенного флюидами и каплями расплава газо-пылевого облака, содержащего обломки дезинтегрированной алмазоносной мантии и б) к эпигенетическим преобразованиям алмазов в этом облаке. Высвобождению алмазов из обломков мантийных эклогитов, рассеянных в широком ареале осевшего закратерного выброса, способствовало их совершенное химическое выветривание в условиях гумидного климата. Это подтверждается данными о том, что в архее и палеопротерозое Сибирский кратон располагался в субэкваториальном «горячем поясе» ранней Земли [3, 4]. Эти механизмы, которые привели к формированию россыпей эндемичных алмазов ОКС, могут служить причиной их отличия от алмазов из кимберлитов Якутской провинции [2, 10, 13].

Второе следствие: формирование внутрикратерного бассейна с вулканогенно-осадочными сериями и магматическими ареалами; датировка импактного события. Ко второму последствию импактного события, следующему вслед за закратерным выбросом, относится накопление в глубоком кратере палеопротерозойской эекитской серии протоплаформенного чехла и формирование интрузий габброидов и гранитов. Эекитская серия большей частью погребена под полого залегающими отложениями рифея [6] и обнажается лишь в Сололийском и Куойско-Далдынском выступах. Локальный характер развития эекитской серии выражается в том, что она развита, в основном, в пределах ОКС, заполняя впадину ударного кратера и его ближайшие окрестности [14]. Образования, подобные этой серии, отсутствуют как на ближайшем к ОКС восточном склоне Анабарского щита, так и на всем пространстве платформенного чехла Сибирской платформы. Исключение составляет удоканская серия палеопротерозоя мощностью 10–11 км с интервалом накопления от 2.3 до 2.1–1.9 млрд лет, слагающая Кодаро-Удоканский протопатформенный прогиб на западе Алданского щита [3].

В пределах кратера эекитская серия мощностью 2600 м сложена метаморфизованными в зеленосланцевой фации филлитами, метапесчаниками, метаалевролитами, кварцитами и разнообразными кварцево-сланцевыми сланцами с графитом и с прослоями метариолитов, метадацитов, метатрахилитов и их туфов [6, 14]. О внутрикратерной локализации и постимпактном накоплении эекитской серии свидетельствуют и находки среди метатерригенных пород октаэдрических зёрен хромшпинелидов и муассанита [6]. Их природа может быть связана с разрушением соответственно мантии и астероида. По данным сейсморазведки, эекитская серия с несогласием перекрывается терригенно-карбонатными отложениями рифея мощностью 1500 м, которые целиком заполняют оvoidный в плане бассейн седиментации [14]. Общая мощность этих образований составляет 4100 м [14], что согласуется с приведённой выше оценкой глубины ударного кратера.

По данным бурения, породы эекитской серии прорваны субщелочными габброидами возрастом 2036 ± 7 млн лет (Rb–Sr метод) и гранитоидами, датированными в интервале от 2012 ± 30 до 2111 ± 20 млн лет (по циркону, SHRIMP II) [6]. По всей видимости, палеопротерозойские процессы вулканизма и магматизма, равно как и все последующие события регионального метаморфизма эекитской серии и её метасоматоза (возраст мусковита в гранитах 2000–1950 млн лет, K–Ar метод [6]), были структурно обусловлены тектоническими каналами импактного происхождения, обеспечивавшими теплоперенос и высокую магматическую проницаемость коры.

Если опираться на вывод о внутрикратерном накоплении эекитской серии, породы которой содержат минералы мантийной и астероидной природы, и на возраст прорывающих её гранитов и габбро, то время Оленёкского импактного события можно отнести к третьему этапу массивованных астероидных атак Земли: 2.6–2.4 млрд лет назад [15].

Итак, в аспекте рассматриваемой проблемы можно заключить, что накопление осадочно-вулканогенных пород эекитской серии осуществлялось в ударном кратере и, по всей видимости, на раздробленном фундаменте, который состоял из коро-мантийной смеси, содержащей минералы из фрагментов астероида. Это был длительно развивающийся процесс, в течение которого происходили дезинтеграция и размыв внутренних и внешних стенок кратера и пород-индикаторов импактного события. Весь этот материал накапливался преимущественно внутри кратера и частично за его пределами [14] за счёт размыва внешней части кольцевого вала – неперемещенного структурного элемента ударного кратера.

Третье следствие: начало формирования свода и активизация магматизма на платформенном этапе. Платформенный чехол развит на всей территории ОКС неравномерно. Он сложен терригенными и карбонатно-терригенными последовательностями рифея-венда, венда-кембрия, среднего палеозоя, карбона-перми, нижнего и верхнего триаса, юры, нижнего мела и кайнозоя. Эти серии пород отлагались в условиях морского мелководья и прибрежных лагун [6], и их облик свидетельствует о том, что на платформенном этапе развития в результате постударной релаксации коры эта структура, начиная с конца рифея, представляла собой пологий свод, постепенно воздымающийся до настоящего времени.

На относительно небольшом пространстве этого свода в ходе его воздымания имели место эпизоды тектоно-магматической активизации ОКС. В результате её относительно замкнутое пространство оказалось насыщено проявлениями основного рифейско-вендского, венд-нижнекембрийского, раннекембрийского, позднедевонско-каменноугольного и мезозойского магматизма [6, 9], проявленного в виде даек, силлов и многочисленных разновозрастных кимберлитовых трубок и жил непродуктивных кимберлитов (см. рис. 1в). Исключением служат трубка Дьянга с Rb–Sr возрастом 235–249 млн лет, содержащая алмазы с «тяжёлым» (мантийным) составом углерода: $\delta^{13}\text{C} = -9.30\text{‰}$ [10] (546 кристаллов из объёма 108 м^3) и дайка Ж-79 (17 кристаллов из объёма 8.5 м^3) – Молодо-Уджинское кимберлитовое поле [6]. Эта аномалия, учитывая непродуктивность остальных кимберлитовых полей, свидетельствует, прежде всего, о том, что в результате Оленёкского импактного события, приведшего к дезинтеграции алмазоносной мантии, в её пределах сохранились «целики», не затронутые астероидным ударом и восходящим термо-флюидным взрывом.

Полихронный (фанерозойский) магматизм связывают с дрейфом Сибирской платформы из зоны экватора в докембрии в высокие широты через Исландское «го-

рчаее поле». По этой причине внутриплитный магматизм Оленёкской изверженной субпровинции по геохимическим показателям оказался адекватным плюмовому режиму [4, 9]. Такой территориально ограниченный режим осуществлялся в условиях подъёма астеносферы и уровня геотермы 1000°C [16] по субвертикальной зоне высокой магматической проницаемости импактной природы (см. рис. 1а, в). Возможно, что гравитационные максимумы внутри ОКС отражают нескрытые очаги магм основного состава – индикаторы начала поднятия свода.

Четвёртое следствие: окончательное формирование кольцевого свода и образование алмазоносных россыпей. Завершение постимпактного развития выразилось в окончательном становлении ОКС как положительной морфоструктуры. Этот процесс происходил в интервале от триаса до мела и был связан, скорее всего, с термомассопереносом по той же постимпактной тектонической зоне, которая служила каналом для магматических образований фанерозоя. Об этом свидетельствует размещение осадочных комплексов триаса, юры и мела в узкой полосе вдоль западной, северной и восточной краевых частей свода и относительно высокая концентрация алмазов в отложениях рэтского яруса триаса [6, 7]. В четвертичное время в пределах западной – Прианабарской и восточной – Приленской частей подножья свода за счёт размыва промежуточных древних (начиная с рифея) коллекторов алмазов и их спутников – пикроильменитов, хромшпинелидов и, реже, пиропов (рис. 2) – произошло формирование богатейших аллювиальных россыпей алмазов: Эбелях, Браас-Юрях, Гусиный, Холмолоох, Исток, Молодо и др. [6, 7].

Итак, можно заключить, что происхождение уникальных по запасам россыпных месторождений алмазов Оленёкской провинции не было связано с кимберлитами и

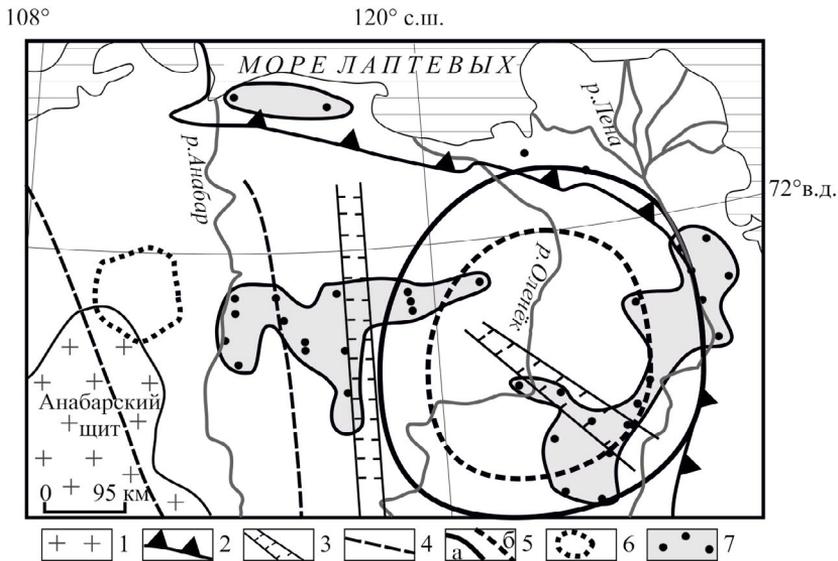


Рис. 2. Генерализованная схема находок алмазов в древних промежуточных коллекторах Анабаро-Ленской алмазоносной провинции (по [7] с упрощением): 1 – архейские образования Анабарского щита; 2 – граница Сибирской платформы; 3 – границы палеорифтов; 4 – разломы; 5 – внешний (а) и внутренний (б) контуры Оленёкской кольцевой структуры; 6 – Попигайская астроблема; 7 – ареалы полихронных (рифей – мел) осадочных пород с пунктами обнаружения алмазов.

лампроитами, но опосредованно – с импактным событием, закратерным выбросом газо-пылевого облака, насыщенного флюидами и большим объёмом материала алмазоносной мантии (как перемещённого коренного источника алмазов). Это объясняет непродуктивность подавляющего большинства кимберлитовых трубок и жил, которые, даже при условии их алмазоносности, не могли бы обеспечить столь богатые россыпные месторождения, сосредоточенные в окаймлении Оленёкского свода, куда многочисленными водными потоками сносился алмазоносный материал.

Геофизическая аномалия Банги (Центральная Африка) как возможный прототип ОКС. К одному из возможных следствий импактного события, связанному с проблемой алмазоносности (подобно ОКС), относится гигантская древняя структура Банги (Bangué) площадью 700 000 км², с внешним диаметром 810 км и внутренним кольцом диаметром 490 км (Центральная Африка [12, 17]). Эта древнейшая (более 3.0 млрд лет) структура отражена в аномальном магнитном поле (амплитуда 28 нТл) и гравитационной аномалии Буге (120 мГал) и, по некоторым данным, может иметь импактную природу [17]. Грандиозные размеры структуры позволяют предполагать ультраглубинное геодинамическое проникновение ударной волны и соответствующий этому гигантский закратерный выброс глубинного вещества с микрокристаллическими алмазами X-разновидности (карбонадо). Богатые россыпи таких алмазов в протерозойских и современных россыпях, локализованных вокруг центра кольцевой структуры Банги, включают и провинцию Бахья (Bahia) в Бразилии, которая в раннем архее вместе с Африкой входила в состав докембрийского суперконтинента и могла служить ареной осаждения материала закратерного выброса этой астроблемы.

Заключение. Выдвинутая концепция причинно-следственной связи позднеархейского импактного события и синхронного термо-флюидного взрыва с последующими этапами тектоно-магматической эволюции Оленёкской кольцевой структуры подтверждает версию о некимберлитовой и нелампроитовой природе источника докембрийских алмазов со специфическими свойствами в древних и современных россыпях. Она обосновывает тем самым причину непродуктивности кимберлитов фанерозоя в Оленёкской кольцевой структуре изначально импактного происхождения. Важную роль в отношении внутриплитного магматизма и других эндогенных и экзогенных процессов приобретают структуры высокой термо-флюидной и магматической проницаемости импактного генезиса. С этим структурным феноменом могут быть связаны не только россыпные месторождения алмазов (Банги), но и другие полезные ископаемые, включая углеводороды. Например, астроблема Сёдбери сопровождается медно-никелевыми месторождениями, локализованными в дайках и расслоенной интрузии, а с последствием крупного импактного события связывают генезис золото-урановых месторождений Витватерсранда [5]. Всё это согласуется с представлениями о большом влиянии масштабных астероидных атак ранней Земли на многообразие необратимых геологических процессов нашей планеты и их минерагению [4, 5, 15, 18].

ЛИТЕРАТУРА

1. Асхабов А.М., Мальков Б.А. Кватеронная модель импактного генезиса карбонадо // ДАН. 2010. Т. 435, № 2. С. 223–234.
2. Афанасов В.П., Елисеев А.П., Надолинный В.А., Зинчук Н.Н., Коптиль В.И., Рылов Г.М., Томиленко А.А., Горяйнов С.В., Юрьева О.П., Сонин В.М., Чепуров А.И. Минералогия и некоторые вопросы генезиса алмазов V и VII разновидностей (по классификации Ю.Л. Орлова) // Вестник ВГУ. Сер. геология. 2000. Вып. 5 (10). С. 79–97.

3. Глуховский М.З. Геологическая эволюция фундаментов древних платформ (нуклеарная концепция). М.: Наука, 1990. 215 с.
4. Глуховский М.З., Кузьмин М.И. Внеземные факторы и их роль в тектонической эволюции Земли в раннем докембрии // Геология и геофизика. 2015. Т. 56, № 7. С. 1225–1249.
5. Глуховский М.З., Величкин В.И., Шумилин М.В. Тектонические аспекты проблемы докембрийской металлогении золота и урана // ДАН. 2017. Т. 472, № 1. С. 57–61.
6. Государственная геологическая карта Российской Федерации. М. 1 000 000 (третье поколение). Серия Анабаро-Вилуйская. Лист R-51 – Джарджан. Объяснительная записка / Гл. редактор А.П. Кроначев. СПб: ГМП РФ, ФГУП ВСЕГЕИ им. А.П. Карпинского, Картфабрика ВСЕГЕИ, 2013. 395 с.
7. Граханов С.А., Шаталов В.И., Веретенников В.А., Егоров К.Н., Липашова А.Н., Помазанский Б.С., Селиванова В.В. Древние россыпи алмазов Сибирской платформы // Вестник ВГУ. Сер. геология. 2006. № 2. С. 167–177.
8. Егоркин А.В., Чернышов Н.М., Данилова Е.Г., Кун В.В., Щеглова Л.Б. Региональное сечение через север Азиатского континента (профиль Воркута-Тикси) // Сейсмические модели литосферы основных геоструктур территории СССР. М.: Наука, 1980. С. 61–67.
9. Киселёв А.И., Кочнев Б.Б., Ярмолюк В.В., Егоров К.Н. Проявления нижнекембрийского плюмового магматизма на северо-востоке Сибирского кратона (Оленёкское поднятие) // ДАН. 2015. Т. 465, № 6. С. 700–705.
10. Коптиль В.И. Типоморфизм алмазов юго-востока Сибирской платформы в связи с проблемой прогнозирования и поисков алмазных месторождений. Автореф. канд. дисс. Новосибирск: Ин-т минералогии и кристаллографии СО РАН, 1994. 34 с.
11. Коротченкова О.В., Чайковский И.И. Морфологическая характеристика алмазов из туффизитов месторождения «Ефимовское» Вишерского Урала // Изв. Коми НЦ УРО РАН. 2012. С. 64–67.
12. Мальков Б.А. Ксенолиты и ксенокристы в кимберлитах России. Сыктывкар: Коми пединститут, 2009. 96 с.
13. Орлов Ю.Л. Минералогия алмаза. М.: Наука, 1984. 264 с.
14. Старосельцев В.С., Шишкин Б.Б., Берилко Г.А. Нижний протерозой Анабарской антеклизы – базальный комплекс чехла Сибирской платформы // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири. 2013. №3. С. 3–12.
15. Glikson A.Y. Archaean Geological and Geochemical. Windows into the Early Earth. N-Y.: Springer publ., 2014. 238 p.
16. Griffin W.L., Ryan C.G., Kaminsky F.V., O'Reilly S.Y., Natapov L.M., O'Reilly, Win T.T., Kinny P.D., Lupin I.P. The Siberian lithosphere traverse: mantle terranes and assembly of the Siberian Craton // Tectonophysics. 1999. V. 310. P. 1–35.
17. Girdler R.W., Taylor P.T., Frawley J.J. A possible impact origin for the Bangui magnetic anomaly (Central Africa) // Tectonophysics. V. 212. № 1–2. 1992. P. 45–58.
18. Melosh H.J. Impact cratering: a geological process. N-Y., Oxford University, Inc., 1989. 245 p.

REFERENCES

1. Askhabov A.M., Mal'kov B.A. Quataron model of the impact origin of carbonado. *Doklady Earth Sciences*. **435** (1), 1476–1477 (2010). DOI: 10.1134/S1028334X10110140.
2. Afanasov V.P., Yeliseev A.P., Nadolinnyi V.A., Zinchuk N.N., Koptil' V.I., Rylov G.M., Tomilenko A.A., Goryainov S.V., Yur'eva O.P., Sonin V.P., Chepurov A.I. Mineralogy and some aspects of diamonds type V and VII genesis to classify by Yu. Orlov). *Vestnik Voronezhskogo Gosudarstvennogo Universiteta. Seriya Geologiya*. **5** (10), 79–97 (2000) (in Russian).

3. Glukhovskii M.Z. *Geological evolution of cratonic basements. A nuclear concept*. 215 p. (Moscow: Nauka Publishing House, 1990) (in Russian).
4. Glukhovskii M.Z., Kuz'min M.I. Extraterrestrial factors and their role in the Earth's tectonic evolution in the Early Precambrian. *Russian Geology and Geophysics*. **56**, 959–977 (2015).
5. Glukhovskii M.Z., Velichkin V.I., Shumilin M.A. Tectonic Aspects of Precambrian Metallogeny of Gold and Uranium. *Doklady Earth Sciences*. **272** (1), 6–10 (2017).
6. *A National Geological Map of the Russian Federation*. Scale 1:1 000 000 (3rd Generation). Anabar – Vilyui Series. R-51 Sheet – Dzhardzhan. Explanatory Notes. Ed. by A.P. Kronachev. 395 p. (St.-Petersburg: VSEGEI, 2013) (in Russian).
7. Grakhanov S.A., Shatalov V.I., Veretennikov V.A., Yegorov K.N., Lipashova A.N., Pomazanskii B.S., Selivanova V.V. Diamond placer deposits of the Siberian Craton. *Vestnik Voronezhskogo Gosudarstvennogo Universiteta. Seriya Geologiya*. **2**, 167–177 (2006) (in Russian).
8. Yegorkin A.V., Chernyshov N.M., Danilova Ye.G., Kun V.V., Shcheglova L.B. Regional transect trough Northern Asia. Vorkuta – Tiksi profile. *Seismic models of the Main Lithospheric Structures of the USSR*. P. 61–67 (Moscow: Nauka Publishing House, 1980) (in Russian).
9. Kiselev A.I., Egorov K.N., Kochnev B.B., Yarmolyuk V.V. Early Cambrian magmatism in the northeastern Siberian Craton (Olenek Uplift). *Doklady Earth Sciences*. **465** (2), 1218–1223 (2015). DOI: 10.1134/S1028334X15120235.
10. Koptil' V.I. *The diamond typomorphic features with regard to the prospecting of deposits, the Siberian Craton South East*. PhD thesis. 34 p. (Novosibirsk: Institute of the Siberian Branch RAS, 1994) (in Russian).
11. Korotchenkova O.V., Chaikovskiy I.I. Morphological features of diamonds from tuffisites, Yefimovskoe Field, Vishera River Basin, Urals. *Izvestiya Komi NC URO RAN*. P. 64–67 (2012) (in Russian).
12. Mal'kov B.A. *Xenoliths and xenocrysts in kimberlites of Russia*. 96 p. (Syktyvkar: Komi Pedinstitut, 2009) (in Russian).
13. Orlov Yu.L. *Mineralogy of diamond*. 264 p. (Moscow: Nauka Publishing House, 1984) (in Russian).
14. Starosel'tsev V.S., Shishkin B.B., Berilko G.A. Lower Proterozoic of the Anabar Antecline – basal unit of the Siberian Craton sedimentary cover. *Geology and Mineral Resource of Siberia*. **3**, 3–12 (2013) (in Russian).
15. Glikson A.Y. *Archaean Geological and Geochemical windows into the Early Earth*. 238 p. (NY: Springer publ., 2014).
16. Griffin W.L., Ryan C.G., Kaminsky F.V., O'Reilly S.Y., Natapov L.M., O'Reilly, Win T.T., Kinny P.D., Ilupin I.P. The Siberian lithosphere traverse: mantle terranes and assembly of the Siberian Craton. *Tectonophysics*. **310**, 1–35 (1999).
17. Girdler R.W., Taylor P.T., Frawley J.J. A possible impact origin for the Bangui magnetic anomaly (Central Africa). *Tectonophysics*. **212** (1–2), 45–58 (1992).
18. Melosh H.J. *Impact cratering: a geological process*. 245 p. (NY: Oxford University, Inc., 1989).

ПРОГНОЗ ИЗМЕНЕНИЯ УРОВНЯ МИРОВОГО ОКЕАНА НА ОСНОВЕ РАСЧЁТОВ ИНСОЛЯЦИИ ЗЕМЛИ¹

В.М. Фёдоров²

Проведён анализ временных рядов значений уровня Мирового океана (УМО) в связи с меридиональным изменением инсоляции Земли (инсоляционной контрастностью). Найдена высокая корреляционная связь между многолетней динамикой УМО и изменением инсоляционной контрастности: изменения УМО более чем на 95 % определяются динамикой инсоляции. На основе уравнений регрессии выполнен оценочный прогноз значений УМО на период до 2050 г. Ожидается, что относительно 2016 г. предстоящее увеличение УМО в годы его максимального подъёма может составить 17,4 мм, 44,3 мм и 39,8 мм в 2019, 2038 и 2046 гг. соответственно.

Ключевые слова: глобальный климат, уровень Мирового океана (УМО), инсоляция Земли.

SEA LEVEL CHANGE FORECASTING BASED ON SOLAR IRRADIANCE CALCULATIONS

Fedorov V.M., PhD

Lomonosov Moscow State University (Faculty of Geography)

As the title implies the article is devoted to the analysis of time-series data of sea level (SL) with regard to longitudinal change of solar irradiance (irradiance contrast). The article proves that there is a high correlation between perennial sea level change and irradiance contrast change. Further the author reports that SL change higher than 95 % is accounted for by the trend. Using regression equations, the author made approximate calculations of SL change up to the year 2050. According to the article, starting from 2016 SL is forecasted to increase by 17.4 mm, 44.3 mm and 39.8 mm in 2019, 2038 and 2046 respectively.

Keywords: global climate, sea level, solar irradiance.

Введение. Развитие человеческой цивилизации и природы Земли тесно связано с Мировым океаном, занимающим около 71 % площади Земли. Термический режим поверхностного слоя Мирового океана определяется приходящей от Солнца радиацией и механизмами теплообмена, важнейшими из которых являются перенос тепла морскими течениями от экватора к полюсам и гидрологический цикл. Поверхность Мирового океана способна поглощать до 99 % поступающей на неё солнечной радиации, тогда как для суши этот показатель составляет 55–65 %. Благодаря этому и большой теплоёмкости воды, Мировой океан представляет собой мощный аккумулятор тепла, оказывающий исключительно большое влияние на температурные условия прилегающих окраин континентов. Мировой океан, таким образом, является важным компонентом климатической системы Земли и её природной оболочки, средой обитания многих животных и растительных организмов. Исследование изменения уровня Мирового океана (УМО) представляется в настоящее время особенно актуальным как

¹ Статья подготовлена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 15-05-07590).

² Фёдоров Валерий Михайлович – к.г.н., в.н.с. географического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова, fedorov.msu@mail.ru.

в научном, так и практическом аспекте в связи с изменениями климата, вызванными целым рядом глобальных процессов в атмосфере Земли, на её поверхности и в поверхностном слое океана [17].

Изменение уровня Мирового океана определяется эвстатическими и изостатическими причинами. Эвстатические причины связаны с таянием ледников [7–10] и многолетних морских льдов [11], что определяется изменением температурных характеристик приземной атмосферы и поверхностного слоя океана (ПТВ – приповерхностная температура воздуха и ТПО – температура поверхности океана). От изменения температурных характеристик также зависят процессы испарения и выпадения атмосферных осадков [2] и плотностная (стерическая) составляющая изменения УМО, связанная с расширением удельного объема воды самого океана.

Обычно УМО рассматривается как интегральный индикатор глобального водообмена, перераспределяющего воды гидросферы между отдельными оболочками Земли, прежде всего между ледниковыми покровами и водами суши. Одновременно с этим УМО испытывает плотностные (стерические) колебания, возникающие под действием, главным образом, изменения температуры верхнего слоя океана, а также частично от поступления пресных вод ледников [1, 2, 3]. Объемные изменения УМО в основном представляют собой сумму эвстатических факторов и плотностной (стерической) компоненты [3, 4]. Предполагается, что в современных климатических условиях при глобальном осреднении колебания УМО за счёт современных вертикальных движений земной коры, имеющих разный знак в разных регионах Земли, нивелируют друг друга [2]. Таким образом, изостатические деформации УМО предполагаются сравнительно незначительными на данном временном интервале.

Основным источником энергии гидрометеорологических процессов является лучистая энергия Солнца. Именно поэтому были проведены исследования изменения УМО в связи с меридиональным изменением инсоляции Земли.

Методика расчётов инсоляции. На основе проведённых ранее исследований была рассчитана приходящая на эллипсоид Земли (без учёта атмосферы) лучистая энергия [15]. Расчёты инсоляции выполнялись по данным высоточных астрономических эфемерид [16, 18] для всей земной поверхности в интервале с 3000 г. до н. э. по 3000 г. н. э. Поверхность Земли аппроксимировалась эллипсоидом (GRS80 – Geodetic Reference System, 1980) с длинами полуосей, равными 6378137 м (большие) и 6356752 м (малая). В общем виде алгоритм расчетов можно приближенно представить выражением:

$$I_{nm}(\varphi_1, \varphi_2) = \int_{t_1}^{t_2} \left(\int_{\varphi_1}^{\varphi_2} (\sigma(H, \varphi) \left(\int_{\pi}^{\pi} \Lambda(H, t, \varphi, \alpha) d\alpha \right) d\varphi \right) dt, \quad (1)$$

где I – приходящая солнечная радиация за элементарный n -й фрагмент m -го тропического года (Дж); σ – площадной множитель (m^2), с помощью которого вычисляется площадной дифференциал; $\sigma(H, \varphi)d\alpha d\varphi$ – площадь бесконечно малой трапеции – ячейки эллипсоида; α – часовой угол, φ – географическая широта, выраженные в радианах; H – высота поверхности эллипсоида относительно поверхности Земли (м); $\Lambda(H, t, \varphi, \alpha)$ – инсоляция в заданный момент в заданном месте поверхности эллипсоида ($Вт/м^2$), t – время (с). Шаги при интегрировании составляли: по долготе 1° , по широте 1° , по времени $1/360$ часть продолжительности тропического года. Значение солнечной постоянной (среднее многолетнее значение TSI) принималось равным 1361 Вт/м^2 [21]. По

результатам расчётов сформирована общедоступная база данных приходящей солнечной энергии во все широтные зоны Земли (протяжённостью в 5°) за каждый астрономический месяц каждого года для периода от 3000 г. до н. э. до 3000 г. н. э. [19].

Результаты и их обсуждение. Были проанализированы ряды данных по изменению УМО в связи с рассчитанными значениями инсоляции. При этом использовался показатель инсоляции (инсоляционная контрастность – ИК), который определялся как разность солнечной радиации, поступающей за год в экваториальные (от 0° до 45°) и полярные области (от 45° до 90°) каждого полушария. Для Земли принималось среднее по полушариям значение этого показателя (рис. 1).

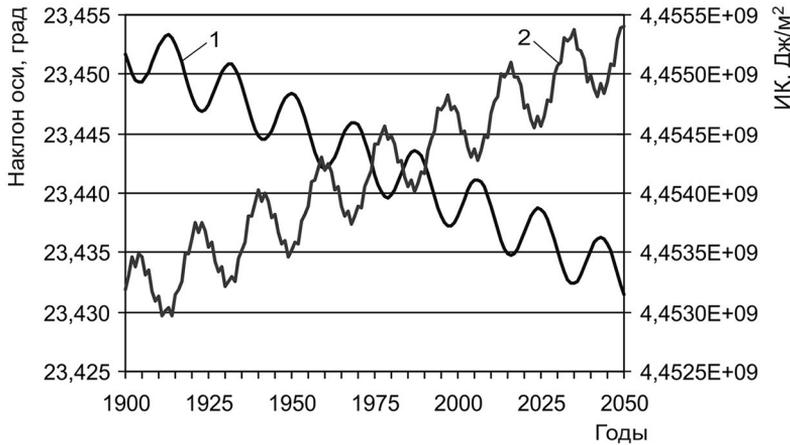


Рис. 1. Изменение угла наклона оси вращения Земли (1) и инсоляционной контрастности – ИК (2).

Показатель ИК близок по смыслу меридиональному градиенту инсоляции, но не нормирован по расстоянию. Он, таким образом, равен разности инсоляции в области, являющейся источником тепла, и инсоляции в области стока тепла. Эта разность, как и меридиональный градиент инсоляции, определяет интенсивность межширотного теплообмена. Изменение ИК определяется изменением наклона оси вращения Земли. Известно, что при увеличении угла наклона оси вращения увеличивается приход солнечной радиации в полярные районы, т. е. происходит сглаживание широтной контрастности в полушариях и усиление сезонных различий. При уменьшении угла наклона происходит увеличение радиации, поступающей в экваториальную область и уменьшение радиации, поступающей в полярные районы, широтные контрасты, в инсоляции возрастают, а сезонные различия сглаживаются [6].

Исходными данными по изменению УМО были три ряда годовых значений, охватывающих период с 1861 по 2008 гг. Ряд 1 – результат реконструкции глобального уровня океана по данным инструментальных наблюдений (с 1861 по 2008 гг.) – получен в Российском государственном гидрометеорологическом университете [3, 5]. Ряд 2 охватывает период с 1860 по 2008 гг. [14], ряд 3 – с 1861 по 2008 гг. [20]. Для сравнения этих трёх рядов УМО они были совмещены на отметке 100 мм для 1901 г. [3]. Эти приведённые ряды УМО, любезно предоставленные автору В.Н. Малининым, анализировались в связи с изменением значений ИК.

Корреляционный анализ временных рядов значений УМО и ИК показывает высокую корреляционную связь между изменением уровня Мирового океана и изменением меридионального распределения инсоляции. Значение коэффициента корреляции для 1 ряда составляет 0,908, для 2 ряда – 0,910, для 3 ряда – 0,929. Изменения УМО в исходных рядах в основном учитываются трендами. Значения коэффициента детерминации (R_2) в случае линейного тренда составляют для исходных значений ряда 1 – 0,934, для рядов 2 и 3 – 0,954. В случае полиномиального тренда значения R_2 составляют 0,972, 0,987 и 0,959 для 1, 2 и 3 рядов исходных данных, соответственно.

С учётом высокого уровня корреляционной связи были получены линейные и полиномиальные (полином 2-й степени) уравнения регрессии индекса ИК и значений УМО для всех трёх рядов (рис. 2, 3).

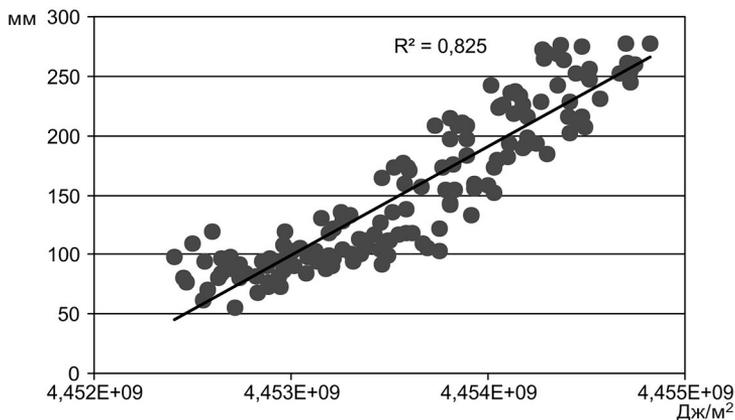


Рис. 2. Связь УМО и ИК и график уравнения линейной регрессии (ряд 1).

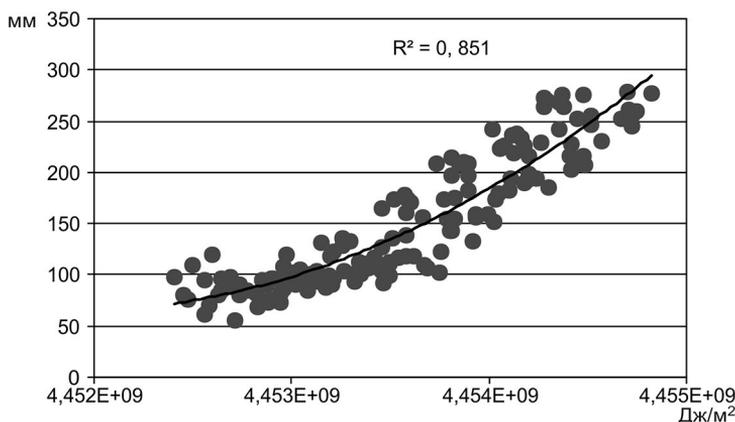


Рис. 3. Связь УМО и ИК и график уравнения полиномиальной (полином 2-й степени) регрессии (ряд 1).

По уравнениям регрессии были рассчитаны значения УМО для периода с 1861 по 2050 гг. Затем (для каждого из трёх рядов) рассчитывались средние значения УМО по ансамблю линейных и полиномиальных решений.

Значения R_2 в линейных уравнениях регрессии составили для ряда 1 и 2 – 0,825, для ряда 3 – 0,863. В полиномиальных уравнениях регрессии получены значения R_2 , равные 0,851, 0,856 и 0,866 для 1, 2 и 3 рядов соответственно. Коэффициент детерминации (R_2) обычно рассматривают в качестве основного показателя, отражающего меру качества регрессионной модели, описывающей связь между зависимой и независимыми переменными модели. Коэффициент детерминации показывает, какая доля изменений объясняемой переменной учитывается в модели и определяется влиянием на неё факторов, включённых в модель (чем ближе R_2 к 1, тем выше качество модели).

Проведено сравнение рассчитанных по ансамблю значений УМО с фактическими, представленными в рядах 1–3 значениями УМО (интервал с 1861 по 2008 гг.). Сравнение проводилось вычитанием рассчитанных значений УМО из соответствующих по годам фактических значений УМО. Средние по модулю значения расхождения составили для ряда 1 – 20,81 мм, для ряда 2 – 19,43 мм, для ряда 3 – 23,39 мм. Относительно значения УМО 2008 года (последних данных в рядах УМО) эти расхождения составляют 7,56 %, 7,09 % и 8,91 % соответственно. При этом в распределении расхождения рассчитанных значений УМО с фактическими значениями отмечается периодичность. Выделяются периоды, в которых фактические значения превышают рассчитанные, и периоды, в которых они им уступают (рис. 4).

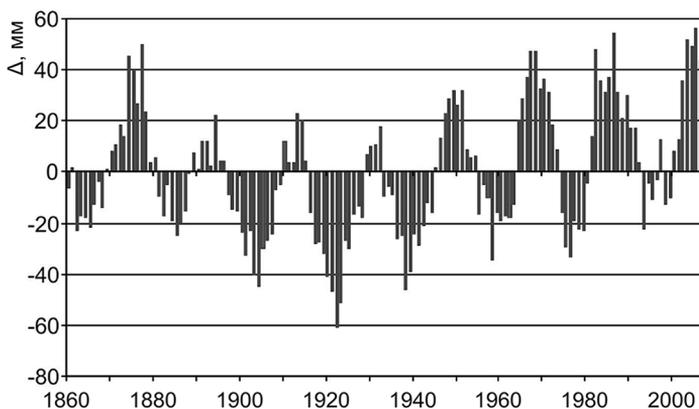


Рис. 4. Распределение разности фактических и рассчитанных значений УМО, мм (ряд 1).

На исследуемом интервале выделяется 8 групп, в которых разность фактических значений УМО превышает рассчитанные значения УМО, и 8 групп, в которых фактические значения уступают рассчитанным. Средняя продолжительность групп, в которых разность фактических и рассчитанных значений УМО является положительной, составляет 8,67 года (9,75, 9,86 и 10,0 лет для 1, 2 и 3 ряда соответственно). Средняя продолжительность групп, в которых разность фактических и рассчитанных значений УМО является отрицательной, составляет 9,87 года (9,75, 8,75 и 8,50 лет для 1, 2 и 3 ряда, соответственно). Эти группы, вероятно, соответствуют фазам нутационного цикла, проявляющегося в распределении инсоляции [15]. Расхождения, таким образом, связаны с тем, что нутационный цикл не проявляется (или очень слабо проявляется) в изменении УМО. Средние по модулю значения разности фактических и рассчитанных значений УМО для групп с отрицательной разностью расхождения составляют 19,56 мм, 19,43 мм и 20,98 мм для 1, 2 и 3 ряда соответственно (среднее 19,99). Средние

по модулю значения разности фактических и рассчитанных значений УМО для групп с положительной разностью расхождения составляют 21,80 мм, 19,19 мм и 24,68 мм для 1, 2 и 3 ряда соответственно (среднее 21,89).

С учётом полученных расхождений в рассчитанные значения УМО были внесены соответствующие поправки для групп с отрицательными и положительными значениями разности (алгебраическим сложением соответствующих средних значений расхождения). В результате среднее по модулю расхождение фактических и рассчитанных значений УМО сократилось и составило 11,29 мм, 10,32 мм и 11,71 мм для 1, 2 и 3 рядов, соответственно. Относительно значения УМО, зафиксированного для 2008 г., это составляет 4,10 %, 3,76 % и 4,46 % для 1, 2 и 3 ряда, соответственно. Изменение УМО по фактическим и рассчитанным (с учетом поправок) данным для ряда 1 представлено на рис. 5.

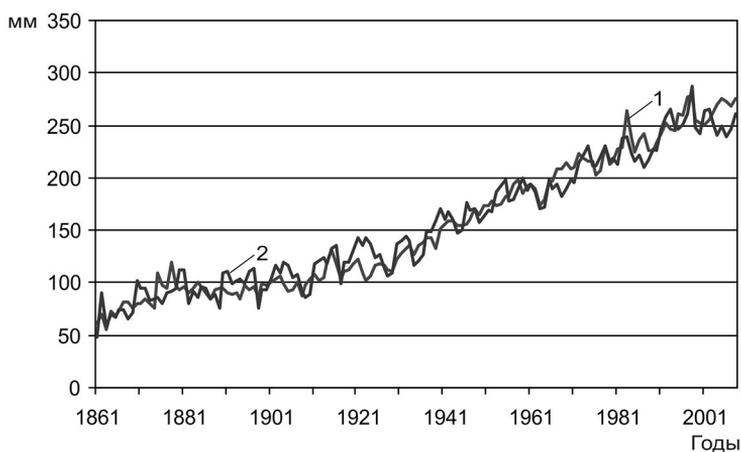


Рис. 5. Изменение УМО по фактическим (1) и рассчитанным (2) значениям, мм.

Отмеченного эффекта приближения рассчитанных данных с фактическими можно было добиться и изначальным сглаживанием ряда ИК (например, по 21 году методом скользящего среднего) для исключения 19-ти летней вариации.

Рассчитывалась дисперсия для рядов фактических данных УМО (D_1) и соответствующих рядов расхождения фактических и рассчитанных значений (D_2). Затем рассчитывалось значение D_2/D_1 , и вычитанием полученных значений из единицы определялась доля изменений УМО, объясняемая трендом в изменении ИК (по которой рассчитывались значения УМО). Эти значения составили 95,22 %, 95,39 % и 96,39 % для 1, 2 и 3 рядов, соответственно. Таким образом, изменения УМО в основном определяются изменением меридионального распределения инсоляции Земли (ИК), связанного с изменением наклона оси её вращения [15].

С учётом полученных данных по продолжительности групп с положительными и отрицательными значениями разности фактических и рассчитанных значений УМО нами были внесены соответствующие поправки (средние для этих групп значения расхождения) в рассчитанные на период с 2009 по 2050 гг. значения УМО. В результате получены прогнозируемые значения изменения УМО по данным инсоляции (ИК) на период с 2009 по 2050 гг. (рис. 6).

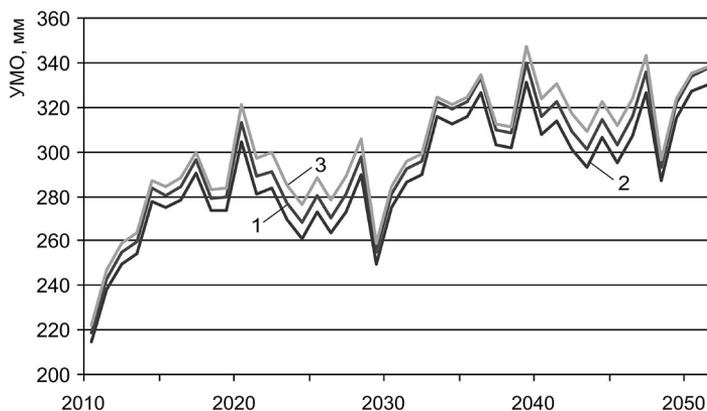


Рис. 6. Оценочный прогноз изменения УМО (1, 2, 3 – ряды), мм.

Полученные результаты показывают, что УМО на этом интервале будет повышаться. Однако его изменения при этом весьма существенные. Так, в 2019, 2038 и в 2046 гг. ожидаются максимальные повышения УМО, которые составят 312,74 мм (среднее по 1, 2 и 3 рядам), 339,63 мм и 335,17 мм соответственно. Это повышение УМО относительно 2008 года (270,61 – среднее по 1, 2 и 3 рядам) составит 42,13 мм, 69,02 мм и 64,56 мм в 2019, 2038 и 2046 гг., соответственно. Относительно 2016 г. увеличение УМО в годы его максимального подъёма на данном интервале может составить 17,39 мм, 44,29 мм и 39,82 мм в 2019, 2038 и 2046 гг., соответственно. Следует отметить, что ближайший максимум УМО в 2019 г. (см. рис. 6) совпадает с абсолютным максимумом в прогностическом ряду УМО, рассчитанном на период с 2000 по 2028 гг. по физико-статистической модели в РГГМУ [3].

Заключение. В настоящее время изменение УМО связано с изменением глобального климата (общим потеплением). Изменения УМО вызываются естественными причинными, основной из которых является уменьшение угла наклона оси вращения Земли и связанного с этим увеличением меридиональной контрастности инсоляции (ИК). Следствием увеличения ИК, вероятно, является усиление межширотного теплообмена из-за активизации работы «тепловой машины первого рода» [13]. Усиление межширотного теплообмена приводит к повышению температуры в областях стока тепла, повышению содержания водяного пара в атмосфере в областях стока тепла и, в связи с этим, к усилению парникового эффекта [12]. В практическом отношении отмечаемое в связи с потеплением климата увеличение УМО может представлять определённую угрозу подтопления территорий, расположенных в пределах отмечаемых высотных уровней, размыву их берегов и отступанию береговой линии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Клиге Р.К. Изменение глобального водообмена. М.: Наука, 1985. 247 с.
2. Клиге Р.К., Малинин В.Н., Шевчук О.И. Колебания уровня Мирового океана в XX столетии // Вестн. Моск. ун-та, серия 5, география. 2009. № 1. С. 7–13.
3. Малинин В.Н. Уровень океана: настоящее и будущее. СПб.: РГГМУ, 2012. 260 с.
4. Малинин В.Н. Изменения уровня Мирового океана и климата // Уч. Зап. РГГМУ. 2015. № 41. С. 100–115.

5. *Малинин В.Н., Гордеева С.М., Шевчук О.И.* Изменчивость уровня Мирового океана за последние 140 лет // Уч. Зап. РГГМУ. 2007. № 4. С. 27–33.
6. *Миланкович М.* Математическая климатология и астрономическая теория колебаний климата. М.–Л.: ГОНТИ, 1939. 208 с.
7. *Фёдоров В.М.* Макроциркуляционная модель реконструкции и прогноза динамики баланса массы субарктических ледников (на примере ледника Энгабреен) // Известия РАН, серия географическая. 2007. № 3. С. 18–26.
8. *Фёдоров В.М.* Реконструкция динамики баланса массы арктических ледников в XX столетии на основе макроциркуляционной модели // Криосфера Земли, 2009. Т. XIII, № 3. С. 80–87.
9. *Фёдоров В.М.* Динамика баланса массы ледников в связи с макроциркуляционными процессами в атмосфере. М.: Физматлит, 2011. 376 с.
10. *Фёдоров В.М.* Изменения ледовых ресурсов отдельных ледниковых районов северного полушария в XX в. // Водные ресурсы. 2015. Т. 42, № 1. С. 3–12.
11. *Фёдоров В.М.* Тенденции изменения площади морских льдов в Северном полушарии и их причины // Криосфера Земли. 2015. Т. XIX, № 3. С. 52–64.
12. *Фёдоров В.М.* Корреляционный анализ инсоляции Земли и приповерхностной температуры // Уч. зап. РГГМУ. 2016. № 45. С. 151–168.
13. *Шулейкин В.В.* Физика моря. М.: АН СССР, 1953. 990 с.
14. *Church J.A., White N.J.* A 20th century acceleration in global sea-level rise // J. Geophysical Research Letters, 2006. V. 33, № 1. L01602.
15. *Fedorov V.M.* Spatial and temporal variation in solar climate of the Earth in the present epoch // Izvestiya, Atmospheric and oceanic physics, 2015. V. 51, № 8. P. 779–791.
16. *Giorgini J.D., Yeomans D.K., Chamberlin A.B., Chodas P.W., Jacobson R.A., Keesey M.S., Lieske J.H., Ostro S.J., Standish E.M., Wimberly R.N.* JPL's On-Line Solar System Data Service // Bulletin of the American Astronomical Society, 1996. V. 28(3). P. 1158.
17. <http://www.ipcc.ch/> – Электронный ресурс Международной группы экспертов по изменению климата.
18. <http://ssd.jpl.nasa.gov>. – NASA, Jet Propulsion Laboratory California Institute of Technology (JPL Solar System Dynamics). Электронный ресурс национального аэрокосмического агентства США.
19. <http://www.solar-climate.com> – Электронный ресурс «Солнечная радиация и климат Земли».
20. *Jevrejeva S., Grinsted A., Moore J. C., Holgate S.* Nonlinear trends and multiyear cycles in sea level records // J. Geophysical Research, 2006. V. 111, № C9. C09012.
21. *Kopp G., Lean J.* A new lower value of total solar irradiance: Evidence and climate significance // Geophysical Research Letters, 2011. V. 37. L01706.

REFERENCES

1. Klige R.K. *Change in global water exchange*. 247 p. (Moscow: Nauka, 1985) (in Russian).
2. Klige R.K., Malinin V.N., Shevchuk O.I. Fluctuations in the level of the World Ocean in the 20th century. *Vestnik Moskovskogo universiteta, seriya 5, geografiya*. 1, 7–13 (2009) (in Russian).
3. Malinin V.N. *Ocean level: present and future*. 260 p (St. Petersburg: RGGMU, 2012) (in Russian).
4. Malinin V.N. Changes in the level of the world's oceans and climate. *Uchenye zapiski RGGMU*. 41, 100–115 (2015) (in Russian).
5. Malinin V.N., Gordeyeva S.M., Shevchuk O.I. The volatility of the level of the oceans over the past 140 years. *Uchenye Zapiski RGGMU*. 4, 27–33 (2007) (in Russian).

6. Milankovich M. *Mathematical Climatology and the Astronomical Theory of Climate Variations*. 208 p. (Moscow–Leningrad: GONTI, 1939) (in Russian).
7. Fedorov V.M. Macrocirculation model for reconstruction and forecast of the dynamics of the mass balance of subarctic glaciers. *Izvestiya RAN. Seriya geograficheskaya*. **3**, 18–26 (2007) (in Russian).
8. Fedorov V.M. Reconstruction of the mass balance dynamics of the Arctic glaciers in the XX century on the basis of the macrocirculation model. *Kriosfera Zemli*. **XIII** (3), 80–87 (2009) (in Russian).
9. Fedorov V.M. *Dynamics of mass balance of glaciers in connection with macrocirculation processes in the atmosphere*. 376 p. (Moscow: Fizmatlit, 2011) (in Russian).
10. Fedorov V.M. Changes in the ice resources of individual glacial regions of the northern hemisphere in the XX century. *Vodnye resursy*. **42** (1), 3–12 (2015) (in Russian).
11. Fedorov V.M. Trends in the area of sea ice in the Northern Hemisphere and their causes. *Kriosfera Zemli*. **XIX** (3), 52–64 (2015) (in Russian).
12. Fedorov V.M. Correlation analysis of Earth's insolation and near-surface temperature. *Uchenye Zapiski RGGMU*. **45**, 151–168 (2016) (in Russian).
13. Shuleykin V.V. *Physics of the sea*. 990 p. (Moscow: AN SSSR, 1953) (in Russian).
14. Church J.A., White N.J. A 20th century acceleration in global sea-level rise. *J. Geophysical Research Letters*. **33** (1), L01602 (2006).
15. Fedorov V.M. Spatial and temporal variation in solar climate of the Earth in the present epoch. *Izvestiya, Atmospheric and Oceanic physics*. **51**(8), 779–791 (2015).
16. Giorgini J.D., Yeomans D.K., Chamberlin A.B., Chodas P.W., Jacobson R.A., Keesey M.S., Lieske J.H., Ostro S.J., Standish E.M., Wimberly R.N. JPL's On-Line Solar System Data Service. *Bulletin of the American Astronomical Society*. **28** (3), 1158 (1996).
17. <http://www.ipcc.ch/> – *Electronic resource of the International Panel of Experts on Climate Change*.
18. <http://ssd.jpl.nasa.gov>. – NASA, Jet Propulsion Laboratory California Institute of Technology (JPL Solar System Dynamics) – *Electronic resource of the US National Aerospace Agency*.
19. <http://www.solar-climate.com> – *Electronic resource «Solar radiation and the Earth's climate»*.
20. Jevrejeva S., Grinsted A., Moore J. C., Holgate S. Nonlinear trends and multiyear cycles in sea level records. *J. Geophysical Research*. **111**, C09012 (2006).
21. Kopp G., Lean J. A new lower value of total solar irradiance: Evidence and climate significance. *Geophysical Research Letters*. **37**, L01706 (2011).

ЗДОРОВЬЕ СРЕДЫ

УДК 57.04; 574.2; 574.3

КОНЦЕПЦИЯ ЗДОРОВЬЯ СРЕДЫ: ИСТОРИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ (ОСНОВНЫЕ ВЕХИ)

В.М. Захаров, А.В. Смуров¹

Всё возрастающее антропогенное воздействие на окружающую природную среду определяет актуальность и значимость обеспечения разносторонней оценки и мониторинга его последствий. В качестве операционального подхода предлагается методология оценки здоровья среды, основанная на характеристике состояния биологических систем на разных уровнях их организации по гомеостазу развития.

Ключевые слова: здоровье среды, биосистемы, гомеостаз, стабильность развития, мониторинг качества среды, антропогенное воздействие, природные популяции, изменение климата, экотоксикология, биодиагностика, биотестирование, биоиндикация.

ENVIRONMENTAL HEALTH CONCEPT: HISTORY AND PROSPECTS (MILESTONES)

V.M. Zakharov¹, A.V. Smurov²

¹ Center for Sustainable Development and Health of Environment of the IDB RAS

² Lomonosov Moscow State University (Earth Sciences Museum, Ecocenter)

According to the article, the ever-increasing anthropogenic impact on the environment determines the relevance and importance of ensuring a multifaceted assessment and monitoring of its consequences. As an operational approach the authors propose a methodology for environmental health assessment based on the characterization of biological systems state at different levels of their organization in conformity with the developmental homeostasis.

Keywords: environmental health, biosystems, homeostasis, developmental stability, environmental monitoring, anthropogenic impact, natural populations, climate change, ecotoxicology, biodiagnosis, bioassay, bioindication.

¹ Захаров Владимир Михайлович – чл.-корр. РАН, д.б.н., зав. лаб. Института биологии развития им. Н.К. Кольцова РАН, ecopolisy@ecopolisy.ru; Смуров Андрей Валерьевич – д.б.н., директор Музея земледения и Экоцентра МГУ, info@mes.msu.ru.

Поиск подходов для характеристики состояния и репрезентативных прогнозов отклонений от нормального функционирования биологических систем открывает принципиально новый подход для оценки и мониторинга качества среды, её благоприятности для живых существ и человека. Актуальность и значимость решения этой задачи на фоне усиливающегося глобального и локального антропогенного воздействия нарастает. Это привело к формулированию представлений о здоровье среды. В основе концепции – характеристика качества среды с использованием оценки состояния биологических систем на разных уровнях их организации по гомеостазу развития.

Основы подхода, связанного с исследованием стабильности развития биосистем (начиная с пионерской работы Майкла Сулэя [26] о стабильности развития природных популяций) формировались в ходе популяционных и экспериментальных исследований в 70-х – 80-х гг. двадцатого века (обзор см. [4, 28]). Они были представлены на Международной конференции «Популяционная феногенетика: исследование стабильности развития в природных популяциях» (Москва, 1989) и в серии последующих совещаний в России, Финляндии, Австралии и США (результаты представлены в серии специальных публикаций [20–22]), на популяционных семинарах «Онтогенез и популяция» (итоги и перспективы таких исследований представлены в специальном выпуске журнала «Онтогенез», т. 32, № 6 за 2001 г.). Результаты такого подхода позволили подойти к определению основ популяционной биологии развития, открывая новые возможности для оценки состояния природных популяций, понимания природы фенотипического разнообразия, механизмов динамики популяций и микроэволюционных преобразований.

В области мониторинга качества среды и состояния биологических систем это направление исследований позволило подойти к формулированию представлений о здоровье среды. Суть предлагаемой методологии в том, что характеристика качества среды производится путем оценки состояния биосистем (на разных уровнях их организации – от молекулярно-генетического и организменно-физиологического до популяционного и экосистемного). Фундаментальным показателем здоровья среды при таком подходе является эффективность поддержания средой естественных механизмов гомеостаза развития биосистем на всех уровнях их организации.

Предлагаемая методология, в дополнение к традиционным химико-аналитическим методам, позволяющим контролировать антропогенное воздействие на природу, может быть с успехом использована для мониторинга и диагностики состояния здоровья среды по состоянию различных биосистем с использованием модельных биоценозов и популяций, модельных видов организмов, биосенсоров и биомаркеров. Для оценки здоровья среды используется система методов биодиагностики, определяющих состояние биосистем по комплексу ценогических, популяционных, морфологических, генетических, физиологических, цитологических, биохимических, биофизических и иммунологических параметров живых организмов, характеризующих гомеостаз развития биосистем на разных уровнях их организации.

Предлагаемая методология отвечает требованиям разносторонней комплексной оценки состояния экосистем открывает возможность для решения целого ряда задач, стоящих в настоящее время перед системами экологического мониторинга и непосредственно связана с задачей организации биологического мониторинга, обеспечивающего сохранение и восстановление биоразнообразия.

Программы биоразнообразия нацелены на характеристику природных ситуаций путем оценки видового разнообразия и его изменений, с учетом демографических параметров. При этом накапливается необходимая базовая информация о том, сколько,

каких видов и в каком количестве представлено в экосистеме. Важной дополнительной составляющей при этом должна быть информация о том, в каком состоянии находятся природные популяции исследуемого видового разнообразия, представленного в той или иной экосистеме [2, 7, 8].

Интенсивно развивающиеся экотоксикологические подходы, главным образом, нацелены на оценку в лабораторных условиях последствий отдельных видов воздействий на различные характеристики модельных видов организмов, далеко не всегда присутствующих в природных экосистемах. При этом создаются необходимые базы данных об эффектах воздействия того или иного поллютанта на определённые параметры жизнедеятельности организма [23, 27]. Это, в определенной степени, позволяет прогнозировать потенциальную опасность конкретных поллютантов для живой природы и даёт основания для установления экологических нормативов (ПДК, ПДВ, ОБУВ и др.) по отдельным веществам и воздействиям. Для оценки здоровья среды (оценки рисков нарушения гомеостаза развития биосистем в среде обитания) существенной дополнительной и необходимой информацией оказывается интегральная оценка состояния биосистем от молекулярного до ценотического уровня их организации при всём комплексе различных природных и антропогенных воздействий.

Разрабатываемая система биомаркеров нацелена на обнаружение последствий воздействия различных химических соединений на определенные физиологические, биофизические и биохимические показатели состояния организма [12, 17, 25]. Развивается направление, связанное с оценкой и поддержанием благополучного состояния организма для разных видов животных по этологическим и физиологическим показателям [18, 19]. Совместными усилиями медиков и экологов развивается пограничный подход, устанавливающий параллель в реализации задач охраны природы и обеспечения здоровья человека (conservation biology & conservation medicine), который условно может быть определен как экологическая медицина. На практике это означает выявление разносторонних связей здоровья человека и животных [11, 16] со здоровьем (качеством) среды.

Таким образом, предлагаемая методология оказывается пограничной, объединяя определённые аспекты различных подходов в области экологического мониторинга среды, (включая биотестирование и биоиндикацию [13, 14]), подходы, связанные с исследованием биоразнообразия и экотоксикологии, оценки благополучия живых организмов и экологической медицины. Предлагаемая методология даёт интегральную характеристику здоровья отдельных видов и экосистемы в целом при всем многообразии различных естественных и антропогенных воздействий.

Всё это и определяет перспективность подхода для решения задач экологического нормирования, обеспечивающего здоровье среды и сохранение биологического разнообразия.

Реализация концепции и методологии здоровья среды проводилась как в ходе теоретических исследований, так и при выполнении практических проектов [14, 22, 24], в том числе в рамках национальной и международной программы «Биотест» [9].

С 2000 г. координация этой работы (включая проведение исследований и реализацию практических проектов, организацию совещаний и подготовку публикаций) проводилась по линии Центра здоровья среды [1, 5]. Методология оценки здоровья среды была использована в качестве основы для организации социальнозначимого мониторинга на ООПТ [6, 7]. В ходе исследований состояния наземных и водных экосистем при разных видах антропогенного воздействия применительно к разным видам животных и растений была разработана и апробирована методика оценки здоровья среды, как оценка состояния

природных популяций по стабильности развития. Эта методика рекомендована для биоиндикации качества среды. Распоряжением МПР РФ № 460-р от 16.10.2003 была создана Секция здоровья среды Комиссии по сохранению биоразнообразия РАН.

Исследования с использованием предлагаемой методологии уже много лет проводятся по линии Центра устойчивого развития и здоровья среды ИБР РАН, по линии Российско-Вьетнамского Тропического центра ИПЭЭ РАН, Экологического центра и Музея земледения МГУ, а также ряда других российских и зарубежных научных центров.

Приложение представлений о гомеостазе развития при исследовании гомеостатических механизмов биологических систем разного уровня, от отдельных организмов и популяций до сообществ и экосистем, даёт новые возможности для понимания механизмов обеспечения устойчивости и их соотношения на разных уровнях организации биологических систем, характеристики значимости онтогенетической и сукцессионной стабильности. Различные подходы для оценки гомеостаза развития и механизмов его поддержания на разных уровнях обсуждаются в рамках Всероссийского семинара «Гомеостатические механизмы биологических систем» [3].

Отдельный интерес представляет приложение подхода для оценки последствий глобального изменения климата для биоты, отражённое в специальном выпуске журнала «Успехи современной биологии», т. 131, № 4 за 2011 г.

Была обоснована перспективность использования оценок здоровья среды для характеристики её благоприятности для человека. Такие параллельные исследования проводились в рамках совместных проектов, связанных с экологической эпидемиологией, характеристикой экологического риска и оценкой здоровья среды в ряде регионов (включая города России и Вьетнама) [1, 6, 11, 15].

Начиная с 2000 г. проводилась междисциплинарная экспертная разработка концепции здоровья среды как приоритета экологической политики, индикатора устойчивого развития (результаты обсуждались на национальных и международных совещаниях (как в РФ, так и в США). Рассмотрению ряда направлений таких исследований гомеостаза развития посвящены специальные выпуски журнала «Онтогенез» (2017, т. 48, № 6 и 2018, т. 49, № 1).

Сегодня концепция, методология и практика оценки здоровья среды обсуждаются в рамках постоянно действующего семинара «Здоровье среды», соорганизаторами которого выступают МГУ (Музей Земледения и Экоцентр) и РАН (Комиссия здоровья среды Научного совета РАН по сохранению биоразнообразия и Институт биологии развития).

Результаты работы семинара в 2015–2017 гг. частично представлены в настоящем специальном выпуске журнала «Жизнь Земли». Наиболее значимые результаты работы семинара будут публиковаться и в последующих выпусках журнала.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Авалиани С.Л., Ревич Б.А., Захаров В.М.* Региональная экологическая политика. Мониторинг здоровья человека и здоровья среды. М.: ЦЭПР, 2001. 76 с.
2. Вопросы экологического нормирования и разработка системы оценки состояния водоемов / Под ред. Д.С. Павлова, Г.С. Розенберга, М.И. Шатуновского. М.: Тов-во научных изданий КМК, 2011. 196 с.
3. Гомеостатические механизмы биологических систем // Онтогенез. 2014. Т. 45, № 3. 82 с.
4. *Захаров В.М.* Асимметрия животных: популяционно-феногенетический подход. 1987. М.: Наука, 1987. 216 с.
5. *Захаров В.М.* Здоровье среды: концепция. М.: ЦЭПР, 2000. 30 с.
6. *Захаров В.М., Чубинишвили А.Т.* Мониторинг здоровья среды на охраняемых природных территориях. М.: ЦЭПР, 2001. 148 с.

7. *Макеева В.М., Белоконь М.М., Смуров А.В.* Эколого-генетический подход к охране животных антропогенных экосистем. М.: Изд-во МГУ, 2011. 160 с.
8. *Макеева В.М., Смуров А.В., Политов Д.В., Белоконь М.М., Белоконь Ю.С., Сулова Е.Г., Русанов А.В.* Состояние генофонда и степень поражённости короедом-типографом (*Ipsitipographus* L.) естественных популяций и лесопосадок ели европейской (*Piceaabies* (L.) Karst.) в Подмосковье // Генетика. 2017. Т. 53, №3. С. 1–10.
9. Последствия чернобыльской катастрофы: здоровье среды / Под ред. В.М. Захарова, Е.Ю. Крысанова. М.: ЦЭПР, 1996. 170 с.
10. Приоритеты национальной экологической политики России / Под ред. В.М. Захарова. М.: Наука, 1999. 100 с.
11. *Румак В.С., Умнова Н.В., Левенкова Е.С., Турбабина К.А., Пивоваров Е.А., Шеленчиков А.А., Павлов С.Д.* Диоксины в среде и организме животных вблизи полигона отходов производства и потребления: к методологии оценки риска для здоровья населения // Экология человека. 2017. №10. С. 9–15.
12. *Рябов В.Б., Кондратьева И.А., Смуров А.В., Румак В.С., Хуанг Д.Т.* Иммунные и физиологические параметры гидробионтов залива Нячанг (Вьетнам) из районов с различной антропогенной нагрузкой // Бюлл. МОИП. Отдел биол. 2007. Т. 12, №1. С. 85–96.
13. *Смуров А.В.* Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование. М.: Издат. центр «Академия», 2010. 288 с.
14. *Смуров А.В.* Экологическая диагностика: биологический и информационный аспекты. М.: Ойкос, 2003. 188 с.
15. *Снакин В.В., Присяжная А.А., Косякова Н.И., Хрисанов В.Р., Митенко Г.В., Круглова С.А.* Здоровье среды и здоровье населения (на примере малого города России) // Жизнь Земли. 2017. Т. 39, №2. С. 125–138.
16. *Aguirre A.A., Ostfeld R.S., Tabor G.M., House C., Pearl M.C.* Conservation Medicine: Ecological Health in Practice. New York: Oxford University Press, 2002. 408 p.
17. Biomarkers: A Pragmatic Basis for Remediation of Severe Pollution in Eastern Europe / Ed. by Peakall D.B., Walker C.H., Migula P. Springer Netherlands, 1999. 324 p.
18. *Broom D.M.* Welfare in relation to feelings, stress and health. 2007 (<http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n121207B.html>).
19. *Broom D.M., Johnson K.G.* Stress and animal welfare. London, Chapman & Hall., 1993. 211 p.
20. Developmental homeostasis in natural populations of mammals: phonetic approach / Ed. by V.M. Zakharov, A.V. Yablokov. ActaTheriologica. 1997. Suppl. 4. 92 p
21. Developmental Instability. Causes and Consequences / Ed. by M. Polak. NY: Oxford University Press, 2003. 460 p.
22. Developmental Instability: Its Origins and Evolutionary Implications / Ed. by T.A. Markow. Dordrecht et al.: Kluwer Acad. Publ., 1994. 444 p.
23. *Kendall R.J.* Wildlife Toxicology: Where We Have Been and Where We Are Going // J. Environ. Anal. Toxicol. 2016. V.6. P. 348. doi: 10.4172/2161-0525.1000348.
24. *Makeeva V.M., Belokon M.M., Smurov A.V.* Genourbanology as the Basis for Stable Biodiversity and Ecosystem Conservation under Global Urbanization // Biology Bulletin Reviews. 2016. V.3, № 4. P. 261–273.
25. *Peakall D.B.* Animal Biomarkers as Pollution Indicators. Chapman & Hall, 1992. 292 p.
26. *Soule M.E.* Phenetics of Natural Populations. II. Asymmetry and Evolution in a Lizard. // Amer. Natur. 1967. V. 101. P. 141–160.
27. Wildlife Toxicology: Emerging Contaminant and Biodiversity Issues /. Ed. by R.J. Kendall, T.E. Lacher, G.P. Cobb, S.B. Cox. CRC Press, 2010. 322 p.
28. *Zakharov V.M.* Future Prospects for Population Phenogenetics. Physiology and General Biology Reviews. Harwood Academic Publishers GmbH, 1989. 80 p.

REFERENCES

1. Avaliani S.L., Revich B.A., Zakharov V.M. *Regional Environmental Policy. Monitoring of Human Health and Health of Environment.* 76 p. (Moscow: Zentr Ekologicheskoy Polotiki Rossii, 2001) (in Russian).
2. *Issues of Environmental Regulation and the Development of a System for Assessing the State of Water Bodies.* 196 p. (Moscow: KMK, 2011) (in Russian).
3. Homeostatic Mechanisms of Biological Systems. *Ontogenez.* 45. (3), 82 (2014) (in Russian).
4. *Zakharov V.M. Animal Asymmetry: Population Phenogenetic Approach.* 216 p. (1987. Moscow: Nauka, 1987) (in Russian).

5. Zakharov V.M. *Health of the Environment: The Concept*. 30 p. (Moscow: ZEPR, 2000) (in Russian).
6. Zakharov V.M., Chubinishvili A.T. *Monitoring of Health of the Environment in Protected Natural Areas*. 148 p. (Moscow: ZEPR, 2001) (in Russian).
7. Makeeva V.M., Belokon M.M., Smurov A.V. *Ecological-genetic approach to animal protection of anthropogenic ecosystems*. 160 p. (Moscow: Publishing House of Moscow State University, 2011) (in Russian).
8. Makeeva V.M., Smurov A.V., Politov D.V., Belokon M.M., BelokonYu.S., Suslova E.G., Rusanov A.V. The state of the gene pool and the degree of damage caused by the bark beetle (*Ipstipographus L.*) of natural populations and plantings of European spruce (*Picea abies (L.) Karst.*) in the Moscow region. *Genetika*. **53** (3), 1–10 (2017) (in Russian).
9. *Consequences of Chernobyl Disaster: Health of the Environment*. 170 p. Moscow: ZEPR, 1996) (in Russian).
10. Zakharov V.M. (Ed.). *Priorities of the National Environmental Policy of Russia*. 100 p. Moscow: Nauka, 1999) (in Russian).
11. Rumak V.S., Umnova N.V., Levenkova E.S., Turbabin K.A., Pivovarov E.A., Shelepchikov A.A., Pavlov S.D. Dioxins in the environment and the body of animals near the landfill production and consumption waste: to the methodology for assessing the risk to public health. *Ekologiya Cheloveka*. **10**, 9–15 (2017) (in Russian).
12. Ryabov V.B., Kondratieva I.A., Smurov A.V., Rumak V.S., Huang D.T. Immune and physiological parameters of hydrobionts of Nha Trang Bay (Vietnam) from areas with various anthropogenic loads. *Byulleten' MOIP (biology)*. **12** (1), 85–96 (2007) (in Russian).
13. Smurov A.V. *Biological Control of the Environment: Bioindication and Biotesting*. 288 p. (Moscow: Izdat. tsentr «Akademiya», 2010) (in Russian).
14. Smurov A.V. *Ecological Diagnostics: Biological and Information Aspects*. 188 p. (Moscow: Oykos, 2003) (in Russian).
15. Snakin V.V., Prisyazhnaya A.A., Kosyakova N.I., Khrisanov V.R., Mitenko G.V., Kruglova S.A. Health of the environment and public health (on the example of a small Russian city). *Zhizn' Zemli [Life of the Earth]*. **39** (2), 125–138 (2017) (in Russian).
16. Aguirre A.A., Ostfeld R.S., Tabor G.M., House C., Pearl M.C. *Conservation Medicine: Ecological Health in Practice*. 408 p. (New York: Oxford University Press, 2002).
17. Peakall D.B., Walker C.H., Migula P. (Eds.). *Biomarkers: A Pragmatic Basis for Remediation of Severe Pollution in Eastern Europe*. 324 p. (Springer Netherlands, 1999).
18. Broom D.M. *Welfare in relation to feelings, stress and health*. 2007 (<http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n121207B.html>).
19. Broom D.M., Johnson K.G. *Stress and animal welfare*. 211 p. (London, Chapman & Hall, 1993).
20. Zakharov V.M., Yablokov A.V. (Eds.). Developmental homeostasis in natural populations of mammals: phonetic approach. *Acta Theriologica*. Suppl. 4. 92 p. (1997).
21. M. Polak (Ed.). *Developmental Instability. Causes and Consequences*. 460 p. (NY: Oxford University Press, 2003).
22. Markow T.A. (Ed.). *Developmental Instability: Its Origins and Evolutionary Implications*. 444 p. (Dordrecht et al.: Kluwer Acad. Publ., 1994).
23. Kendall R.J. Wildlife Toxicology: Where We Have Been and Where We Are Going. *J. Environ. Anal. Toxicol.* **6**, 348 (2016). DOI: 10.4172/2161-0525.1000348.
24. Makeeva V.M., Belokon M.M., Smurov A.V. Genourbanology as the Basis for Stable Biodiversity and Ecosystem Conservation under Global Urbanization. *Biology Bulletin Reviews*. **3** (4), 261–273 (2016).
25. Peakall D.B. *Animal Biomarkers as Pollution Indicators*. 292 p. (Chapman & Hall, 1992).
26. Soule M.E. Phenetics of Natural Populations. II. Asymmetry and Evolution in a Lizard. *Amer. Natur.* **101**, 141–160 (1967).
27. Kendall R.J., Lacher T.E., Cobb G.P., Cox S.B. (Eds.). *Wildlife Toxicology: Emerging Contaminant and Biodiversity Issues*. 322 p. (CRC Press, 2010).
28. Zakharov V.M. *Future Prospects for Population Phenogenetics. Physiology and General Biology Reviews*. 80 p. (Harwood Academic Publishers GmbH, 1989).

УДК 574.24

КАЧЕСТВО СРЕДЫ ОБИТАНИЯ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЦЕНА ОНТОГЕНЕЗА

С.Ю. Клеймёнов¹

Рассмотрен метод оценки качества среды обитания, основанный на энергетическом обеспечении стабильности онтогенеза. Показано, что оптимальным условиям развития соответствует минимум энергетической цены онтогенеза. Увеличение этого параметра служит индикатором и мерой интенсивности неблагоприятного воздействия на тестовый объект, одновременно являясь характеристикой качества среды.

Ключевые слова: энергетический метаболизм, онтогенез, экология, качество среды обитания, *Daphnia magna*.

ENVIRONMENTAL QUALITY AND ENERGY COST OF ONTOGENESIS

S.Yu. Kleymenov, PhD

N.K. Koltsov Institute of Developmental Biology, Russian Academy of Sciences

The aim of the article is to provide the reader with some material on an environmental quality assessment method based on energy sources of ontogenesis stability. The author demonstrates that optimal conditions for development require minimal energy cost of ontogenesis. The increase of this factor indicates the degree of intensity of adverse impact on the test subject and simultaneously characterizes environmental quality.

Keywords: energy metabolism, ontogenesis, ecology, environmental quality, *daphnia magna*.

Введение. Оценка состояния организма и оценка качества среды обитания – по сути одна задача. Имея возможность оценить состояние организма при разных внешних условиях, можно, условившись о выборе тестового объекта, поставить показатель качества среды обитания в соответствие с его состоянием. Пригодная для этой цели характеристика состояния организма должна соответствовать определённым критериям. Во-первых, она должна быть интегральной, то есть её величина должна зависеть от состояния каждой части организма. Во-вторых, она не должна быть избирательной в отношении факторов окружающей среды. Изменение любого параметра внешней среды, в той или иной степени влияющего на организм, должно сказываться на величине функции состояния. В-третьих, функция состояния должна быть универсальной, её вычисление должно производиться по единой методике независимо от видовой принадлежности тестового объекта. В-четвёртых, она должна быть определена в широком диапазоне величин факторов внешней среды, сохраняя репрезентативность от оптимальных до летальных для тестового объекта условий обитания.

В наибольшей степени перечисленным критериям соответствует энергетический метаболизм. Он присущ всем без исключения живым существам, обеспечивает все виды активности организма и не прекращается до самой его смерти. Собственно, энергетический метаболизм и делает живое живым. Он обеспечивает добычу пищи, миграцию, репродукцию, строительство убежищ и всё остальное, на что способен организм. Энергетический метаболизм имеет место даже при полном отсутствии активности,

¹ Клеймёнов Сергей Юрьевич – к.б.н., ст.н.с. Института биологии развития им. Н.К. Кольцова РАН, s.yu.kleymenov@idbras.ru.

например во время диапаузы или зимней спячки животных. Конец энергетического метаболизма означает смерть индивидуума.

Однако на пути использования энергетического метаболизма в качестве функции состояния существует ряд трудностей. Прежде всего, это очень лабильный параметр. Известны суточные, лунные, сезонные и онтогенетические ритмы метаболизма. Энергетический метаболизм может изменяться практически мгновенно в зависимости от поведения животного. Его величина меняется в течение суток в 2–3 раза при переходе от сна к бодрствованию, а при максимальных нагрузках, например попытке спастись от нападения, возрастает меньше чем за минуту до 10 раз по отношению к состоянию покоя [5]. С возрастом энергетический метаболизм непрерывно снижается. Его интенсивность у старого животного в 10–15 раз ниже, чем у новорожденного [5].

Проблему решает переход от анализа мгновенной величины интенсивности энергетического метаболизма к определению суммарных затрат энергии в онтогенетических процессах. Живой организм и онтогенез – понятия нераздельные. Организм не может существовать вне онтогенеза. Последний может быть временно приостановлен, но биологи уверенно определяют такое состояние.

Суммарное количество энергии, которое за определённый отрезок онтогенеза израсходует организм, будет мерой напряжённости его существования в предложенных условиях – энергетической ценой выбранного интервала онтогенеза.

Энергетические траты можно разделить на основные и дополнительные. Создание новых структур организма в ходе морфогенеза и дифференцировки требует немалых затрат энергии. Обеспечение работоспособности существующих и вновь созданных органов и тканей также требует определённых затрат энергии. Поскольку план строения и последовательность онтогенетических преобразований у представителей одного вида одинаковы, следует ожидать примерно одинаковый расход энергии на одних и тех же стадиях развития.

Любая дополнительная работа – это дополнительная потребность в энергии. Связывание и выведение токсина, приведение в норму водно-солевого баланса, заживление ран и восстановление целостности тканей после химического поражения – всё это немалая дополнительная работа, которую вынужден совершать организм для сохранения собственной жизни.

Понятно, что необходимость совершать дополнительную работу непременно вызовет увеличение энергетического метаболизма. Сопоставление энергетического метаболизма в реальных условиях обитания с тем, что наблюдается в условиях, принятых за стандарт, позволит обнаружить наличие повреждающего фактора даже в том случае, если природа последнего неизвестна.

Таким образом, следует ожидать, что в оптимальных условиях обитания энергетическая цена онтогенеза или его отрезка будет минимальной, а её разность в оптимальных и неизвестных условиях обитания будет мерой качества среды обитания в отношении тестового объекта.

Методы. Лабораторные эксперименты показали соответствие минимальной цены онтогенеза оптимальным условиям обитания. В пользу этого говорит самый убедительный аргумент – совпадение минимальной цены онтогенеза и максимального процента выживания, полученное в исследованиях [1, 6]. В этих работах определяли энергетическую цену одного деления дробления во время развития икры выюна (Linnaeus, 1758). Дробление – это первые деления зиготы, с которых начинается развитие зародыша. Одно такое деление обычно длится от нескольких минут до несколь-

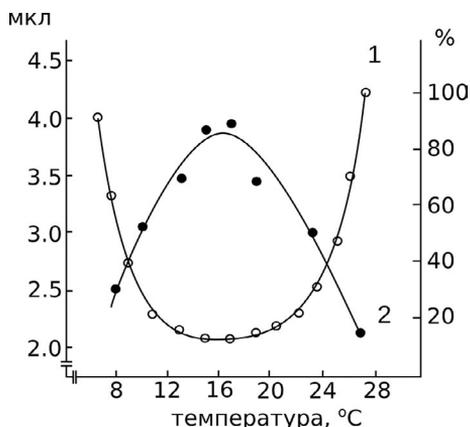


Рисунок. Энергетическая цена одного деления дробления (1) яиц вьюна и процент выживаемости при выклеве (2) в зависимости от температуры (по [1, 6]).

ких десятков минут. Было определено, что суммарный расход энергии за время одного деления дробления зародыша вьюна минимален при температуре 16–17°C (рис.). Наблюдение за вылуплением личинок из зародышевых оболочек в конце эмбриогенеза показало, что максимальный процент выживших личинок приходится на ту же температуру.

Иные факторы природной среды влияют на изменение энергетической цены онтогенеза аналогично температуре, как было показано в исследованиях энергетического метаболизма дальневосточной кеты *Oncorhynchus keta* (Walbaum, 1792) в период смолтификации [4]. Авторы изучали изменение энергетической цены прироста стандартной массы тела во время миграции

молоди кеты из пресноводных мест нереста (и, соответственно, эмбриогенеза) к морю. Миграция молоди кеты занимает примерно 3 недели. За это время физиология рыб должна измениться таким образом, чтобы обеспечить нормальную дальнейшую жизнь в солёной морской воде. Очевидных морфологических изменений, которые могли бы послужить маркерами некоторого онтогенетического этапа, в это время не наблюдается. Поэтому в качестве стандартного онтогенетического процесса авторы выбрали прирост массы тела. Было обнаружено, что минимум энергетической цены прироста массы в первой половине миграции наблюдается при солёности 13–15 ‰, а в конце миграции минимум приходится на 28 ‰.

Аналогичные данные существуют для других видов рыб, ракообразных, насекомых.

Применение метода оценки качества среды, прежде всего, основано на выборе стадии развития тестового объекта. Для многих из них существуют подробные таблицы развития, описывающие морфологические изменения, могущие служить маркерами начала и окончания определённой стадии развития [3]. Если по каким-то причинам невозможно выделить период онтогенеза по морфологическим признакам, можно использовать время прироста единицы массы тела. В этом случае важно, чтобы возраст тестового объекта был точно установлен и одинаков в стандартных и тестируемых условиях.

Практика применения оценки. Периодическая линька ракообразных в период интенсивного роста служит хорошим маркером этапов онтогенеза. Суммарный расход энергии растущими дафниями *Daphnia magna* (Straus, 1820) за время между двумя последовательными линьками был использован для характеристики качества природной среды на территории, подвергшейся загрязнению фенолами и нефтепродуктами в результате железнодорожной аварии.

Оценка последствий проводилась комплексом методов, что дало возможность сравнить описанный биоэнергетический метод с другими, в том числе официально утверждёнными токсикологическими методами.

Исследовали пробы воды, взятые из реки вблизи источника загрязнения через один год после аварии. В качестве тестового объекта использовали пресноводных вет-

вистоусых ракообразных *D. magna*, которые являются также утверждённым тестовым объектом для токсикологических исследований.

Дафний помещали в пробы воды, которые были доставлены в лабораторию из природных водоёмов. В эксперименте определяли энергетическую цену онтогенеза в период между двумя последовательными линьками.

Исследования показали, что по прошествии одного года на месте аварии вода сохраняла высокую токсичность и вызывала полную гибель тестового объекта в течение нескольких десятков минут [3]. В реке вблизи места аварии энергетическая цена развития составила 171,2 дж, что в три раза выше аналогичного показателя для природного контроля. В пробе воды, взятой на значительном расстоянии ниже места аварии, этот показатель составил 82,5 дж, то есть превышал контрольную величину в 1,5 раза. Природным контролем служила вода, взятая из естественного водоёма с минимальной антропогенной нагрузкой в 20 км от места аварии. Энергетическая цена развития в контрольной пробе равнялась 53,2 дж.

Проведённый стандартный дафния-тест указанных проб воды подтвердил высокую токсичность воды, взятой с места аварии. Во всех остальных пробах выживаемость дафний превышала 90 %. В пробе воды из реки вблизи места аварии выживаемость составила 100 %, а в воде из природного контрольного водоёма 96,7 %.

Приведённый пример убедительно свидетельствует о высокой разрешающей способности оценки качества среды обитания по энергетической цене развития тестового объекта. Термин «качество среды обитания» в этом случае наиболее уместен, поскольку стандартный метод не обнаружил токсического действия исследованных проб.

Заключение. Энергетическая цена развития, являясь фундаментальной характеристикой онтогенеза, позволяет успешно провести сравнительную оценку качества природной среды. Организм способен полностью компенсировать негативное воздействие слабой и средней интенсивности выполнением дополнительной работы по его компенсации и, если требуется, репарации причинённых повреждений. При дальнейшем увеличении интенсивности воздействия энергетические потребности на компенсацию его последствий составят заметную долю общего энергетического бюджета организма. С этого момента возможны нарушения онтогенеза в виде недоразвития некоторых органов, снижения их функциональной способности, появления уродств. Тяжесть последствий зависит от пропорции разделения энергетической мощности, направляемой на обеспечение жизненных потребностей в настоящий момент и поддержание стабильности онтогенеза. С возрастанием интенсивности негативного воздействия будет расти и энергетическая цена онтогенеза – до тех пор, пока не будет достигнут предел мощности организма, который определяется планом его строения, то есть таксономической принадлежностью. По достижении этого предела гибель организма неизбежна и становится вопросом времени.

Высокая чувствительность описанного выше биоэнергетического метода определения качества среды обитания позволяет обнаружить его снижение на начальном этапе, и даже в тех случаях, когда причина ещё не известна.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеева Т.А., Озернюк Н.Д. Энергетический обмен и температурный оптимум развития вьюна // Общая биология. 1987. Т. 48, № 4. С. 525–531.
2. Объекты биологии развития / Под ред. Б.Л. Астаурова. М.: Наука, 1975. 580 с.
3. Захаров В.М., Чубинишвили А.Т., Дмитриев С.Г. и др. Здоровье среды: практика оценки. М.: Центр экологической политики России, 2000. 318 с.

4. Зиничев В.В., Зотин А.И. Зависимость суммарного потребления кислорода на разных стадиях развития тихоокеанской кеты // Онтогенез. 1988. Т. 19, № 2. С. 217–220.
5. Зотин А.И., Зотина Р.С. Феноменологическая теория роста, развития и старения организма. М.: Наука, 1993. 364 с.
6. Зотин А.И., Озернюк Н.Д. Влияние температуры на дыхание и уровень АТФ в период дробления яиц вьюна // ДАН СССР. 1966. Т. 171, № 4. С. 1002–1004.

REFERENCES

1. Alekseeva TA, Ozernyuk N.D. Energy exchange and temperature optimum of development of the loach. *Obshchaya biologiya [General biology]*. **48** (4), 525–531 (1987) (in Russian).
2. Astaurov B.L. (Ed.). *Objects of developmental biology*. 580 p. (Moscow: Nauka, 1975) (in Russian).
3. Zakharov V.M., Chubinishvili A.T., Dmitriyev S.G., Baranov A.S., Borisov V.I., Valetskiy A.V., Krysanov E.Yu., Kryazheva N.G., Pronin A.V., Chistyakova E.K. *Health of the Environment: Practical Evaluation*. 320 p. (Moscow: Center for Environmental Policy of Russia, 2000) (in Russian).
4. Zinichev V.V., Zotin A.I. Dependence of total oxygen consumption at different stages of Pacific chum development. *Ontogenez [Ontogenesis]*. **19** (2), 217–220. (1988) (in Russian).
5. Zotin A.I., Zotina R.S. *Phenomenological theory of growth, development and aging of the organism*. 364 p. (Moscow: Nauka, 1993) (in Russian).
6. Zotin A.I., Ozernyuk N.D. Influence of temperature on respiration and the level of ATP during the crushing of loach eggs. *Doklady AN SSSR*. **171** (4), 1002–1004 (1966) (in Russian).

УДК 581.1:551.583

ФЕНОЛОГИЧЕСКИЕ ТРЕНДЫ В ПРИРОДЕ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ РУССКОЙ РАВНИНЫ В УСЛОВИЯХ СОВРЕМЕННОГО ПОТЕПЛЕНИЯ

А.А. Минин, Э.Я. Ранькова, Ю.А. Буйволов,
И.И. Сапельникова, Т.Д. Филатова¹

В статье анализируются тренды фенологических характеристик берёзы бородавчатой, черёмухи обыкновенной, рябины обыкновенной и липы мелколистной в центральной части Европейской территории России (ЕТР). Оценки получены на базе данных многолетних наблюдений за наступлением фаз развёртывания первых листьев у берёзы и начала цветения черёмухи, рябины и липы за 1976–2015 гг. – период наиболее интенсивного современного глобального потепления в России. В целом, современное потепление климата оказывает определённое влияние на фенологию всех этих видов, однако проявляются пространственные и календарные различия в их фенологических реакциях.

¹ Минин Александр Андреевич – д.б.н., начальник мастерской ГАУ «Институт Генплана Москвы», atinin1959@mail.ru; Ранькова Эсфирь Яковлевна – в.н.с. Института географии РАН, firankova@gmail.com; Буйволов Юрий Анатольевич – в.н.с. Института глобального климата и экологии Росгидромета и РАН, ubuyvolov@gmail.com; Сапельникова Инна Игоревна – с.н.с. Воронежского государственного природного биосферного заповедника им. В.М. Пескова, is@reserve.vrn.ru; Филатова Татьяна Дмитриевна – с.н.с. Центрально-Чернозёмного государственного природного биосферного заповедника им. проф. В.В. Алехина, filatova@zapoved-kursk.ru.

Ключевые слова: изменения климата, фенология берёзы, рябины, черёмухи, липы, скорость фенологического тренда, устойчивый переход температуры воздуха через пороговые значения, сумма активных температур.

PHENOLOGICAL TRENDS IN NATURE OF THE CENTRAL PART OF THE RUSSIAN PLAIN UNDER THE CONDITIONS OF MODERN WARMING

A.A. Minin¹, E.Ya. Ran'kova², Yu.A. Buyvolov³, I.I. Sapel'nikova⁴, T.D. Filatova⁵

¹The Moscow General Planning Research and Project Institute, State Unitary Enterprise (Genplan Institute of Moscow),

²Institute of Geography of RAS,

³Institute of Global Climate and Ecology of Roshydromet & RAS,

⁴Voronezh Nature Reserve, ⁵Central Black Earth Nature Reserve

The article touches upon the issue of the phenological characteristics of the *Betula pendula* (silver birch), *Prunus padus* (bird cherry), *Sorbus* (mountain ash), and *Tilia cordata* (small-leaved lime) in the central part of European Russia (ER). The data obtained are based on many years of observation of the first leaves unfolding phase for the *Betula pendula* and the flowering phase for the *Prunus padus*, *Sorbus*, and *Tilia cordata* in the period from 1976 till 2015 (the period of the most intense modern warming in Russia). In general, the current climate change affects the phenology of all the above-mentioned species; however, various species demonstrate spatial and calendar differences in their phenological reactions. The *Prunus padus* and *Sorbus* do not demonstrate significant trends in their flowering dates (or weak positive values of the linear trend coefficient) in the territories located between 52° and 54°N. To the north and south of those areas, the value of the coefficient is negative: up to -1.5 days/10 years for the *Prunus padus*, and up to and 1.0 days/10 years for the *Sorbus*. However, for the *Tilia cordata*, the area of positive values extends northwards up to 56°N. The discrepancies in the trends of phenological stages and trends of dates of the stable transition of the air temperature across threshold values close to the phenological stages are ranged from 2 to 10 times for the *Betula pendula*, *Prunus padus* and *Sorbus* and make up to 8–25 times for the *Tilia*. A similar correlation has been observed between the phenological trends and sums of active temperatures. This demonstrates the work of adaptation homeostatic mechanisms in the plants in response to the climate change.

Keywords: climate change, phenology of birch, phenology of *Sorbus*, phenology of *Prunus padus*, phenology of *Tilia cordata*, pace of phenological trend, stable transition of the air temperature across threshold values, sum of active temperatures.

Введение. Развёртывание первых листьев у берёзы бородавчатой (повислой), зацветание черёмухи обыкновенной, рябины обыкновенной и липы мелколистной относятся к наиболее распространённым и надёжно определяемым фенологическим явлениям в природе средней полосы России. Они представляют соответственно фенологические субсезоны «разгар весны», «предлетье» и «полное лето». Таким образом, эти фенологические события особенностями проявления в конкретном году интегрально характеризуют гидрометеорологические условия весны и первой половины лета этого года. Многолетняя динамика сроков наступления данных фенофаз даёт возможность оценить, в первую очередь, тенденции изменения термических условий весны.

Целью данной работы является анализ трендов дат развёртывания первых листьев у берёзы бородавчатой, зацветания черёмухи, рябины и липы за 1976–2015 гг. (период современного потепления в России) в центральной части Европейской территории России (ЕТР) в сопоставлении с характером многолетних изменений средней суточной температуры воздуха и сумм активных температур.

Материал и методика. По аналогии с оценкой трендов сезонной температуры по средней скорости её многолетних изменений [5], для фенологических характеристик, дат устойчивых переходов средней суточной температуры воздуха через пороговые значения и сумм активных температур за периоды от даты устойчивого перехода средней суточной температуры воздуха весной через 5°C до даты наступления рассматриваемых фенофаз, также рассчитывались коэффициенты линейных трендов по многолетним рядам наблюдений (1976–2015 гг.). Методика расчётов и подготовки рядов фенологических данных подробно описана нами ранее [12]. В статье рассматривается территория между 51° и 59° с. ш. и 31° и 46° в. д.

Календарные даты заменены порядковым номером дня в году относительно 1 марта. Например, 31 марта – 31, 1 апреля – 32 и т. д. В этих величинах построены картосхемы средних многолетних значений.

Источником фенологических данных послужили материалы наблюдений за развёртыванием первых листьев у берёзы бородавчатой (*Betula verrucosa* Ehrh. – *B. pendula* Roth.), началом цветения черёмухи обыкновенной (*Padus avium* Mill.), рябины обыкновенной (*Sorbus aucuparia* L.) и липы мелколистной (*Tilia cordata* Mill.) в заповедниках и на добровольной фенологической сети Русского географического общества (РГО), а также материалы календарей природы [8, 15]. В работе использованы данные из 43 пунктов.

За начало фазы принималась дата, когда она наблюдалась у 10 % (или у 2–3 экземпляров) особей одного вида в группе. Если наблюдения ведутся за одним экземпляром, начало фазы отмечалось, когда зацветёт до 10 % цветков кроны.

В качестве климатических показателей в статье рассматриваются:

- средняя температура весеннего сезона;
- дата устойчивого перехода средней суточной температуры воздуха весной через 5°C (начало вегетационного периода);
- даты устойчивого перехода средней суточной температуры через пороговые значения, близкие к срокам наступления рассматриваемых фенофаз, а именно: 10°C – развёртывание первых листьев у берёзы, 12°C – зацветание черёмухи, 14°C – рябины, 17°C – липы;
- суммы активных температур (превышений над уровнем 5°C) за периоды от начала вегетационного периода до даты наступления фенофазы.

Датой устойчивого перехода через пороговое значение (T_0) считается первый день (после 1 марта), начиная с которого в течение не менее пяти дней подряд сумма накопленных положительных отклонений среднесуточной температуры выше суммы отрицательных. Или: T_0 – первый день, начиная с которого накопленная сумма градусо-дней остаётся положительной в течение не менее пяти дней подряд. В расчётах использованы данные наблюдений 30 метеостанций, ближайших к пунктам фенологических наблюдений (иногда одна станция была ближайшей сразу к двум и даже трём пунктам наблюдений).

Результаты анализа представлены ниже в виде пространственных распределений (полей) средних многолетних значений и оценок линейного тренда всех переменных.

За начало периода современного потепления в настоящей работе, следуя сложившейся практике, принят 1976 г. (см., например, [2, 4, 5, 16]).

Даты начала вегетационного периода. Устойчивый переход температуры воздуха весной через 5°C происходит с 9 апреля на юге по 21 апреля на севере рассматриваемой территории. Скорость перемещения «волны» перехода с юга на север неравномерна и составляет от 1,5 дней на 1° широты в срединной части до 3–4 дней на юге и севере; расположение изолиний в основном широтное (рис. 1а). Прослеживается

хорошо выраженная тенденция к более раннему наступлению вегетационного периода, особенно в западной половине (коэффициенты трендов до $-2,5$ дней/10 лет), т. е. за 40 лет смещение здесь достигло 10 дней. В восточной половине значения коэффициента составляют $-1,0$ – $-1,5$ дней/10 лет и менее (рис. 1б).

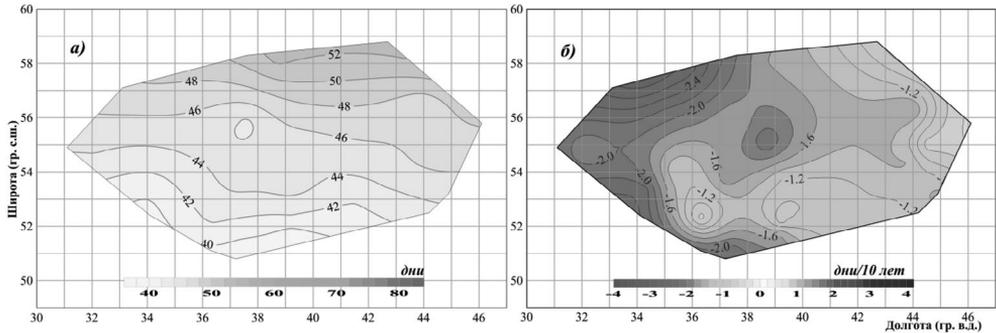


Рис. 1. Даты устойчивого перехода средней суточной температуры воздуха весной через 5°C : а) многолетние средние за период 1976–2015 гг., б) коэффициенты линейного тренда за период 1976–2015 гг. (дни/10 лет).

Берёза бородавчатая. Развёртывание первых листьев наступает в сроки от 23 апреля на юге до 3 мая на севере. Структура изофен (рис. 2а) имеет чётко выраженный широтный характер с лагом от 3–4 дней на 1° широты в центральной части до 1–2 дней на севере и юге. Напротив, «волна» перехода температуры воздуха через 10°C при продвижении к северу замедляется: от 1,5–2 в южной и срединной частях до 4 дней на 1° широты в северной (рис. 2в). Поле изолиний средних сумм активных температур не имеет выраженной зональности (рис. 2д). Наиболее высокие значения коэффициента тренда дат развёртывания первых листьев (более $-0,8/10$ лет) приурочены к северной и центральной частям территории (рис. 2б), тогда как коэффициент тренда дат переходов температуры через 10°C (рис. 2г) – к западной (как и в случае с переходом через 5°C), где достигает $-3,2$ дней/10 лет, а в восточной близок к нулю. Коэффициенты трендов дат переходов через 10°C и развёртывания первых листьев в восточной части примерно одинаковы, а в западной – выше в 2–4 раза (рис. 2б, г). Характерно, что интенсивность изменения сумм активных температур также выше в западном секторе; в восточном секторе есть территории с нулевыми коэффициентами (рис. 2е).

Таким образом, для берёзы максимальная интенсивность «фенологического» тренда в целом существенно ниже температурного. Есть некоторое соответствие в конфигурации пространственного распределения аномальных зон для коэффициентов линейного тренда сумм активных температур и сроков начала облиствения, которые помогают понять отклик объекта на особенности термического режима перед вегетацией. Там, где в последние годы раньше стал начинаться процесс облиствения, он происходит при меньшей сумме активных температур (аномальная зона в северо-восточном секторе, рис. 2е). Так бывает при стремительном приходе тепла после начала вегетации. Напротив, в аномальной зоне на юге участка (рис. 2б), в отличие от соседних регионов, показано, что для начала процесса необходима более высокая сумма активных температур. Получается, что переход сроков начала вегетации происходит раньше, а к моменту начала фазы должна накопиться большая сумма активных температур. Так бывает при пониженном температурном фоне после начала вегетации.

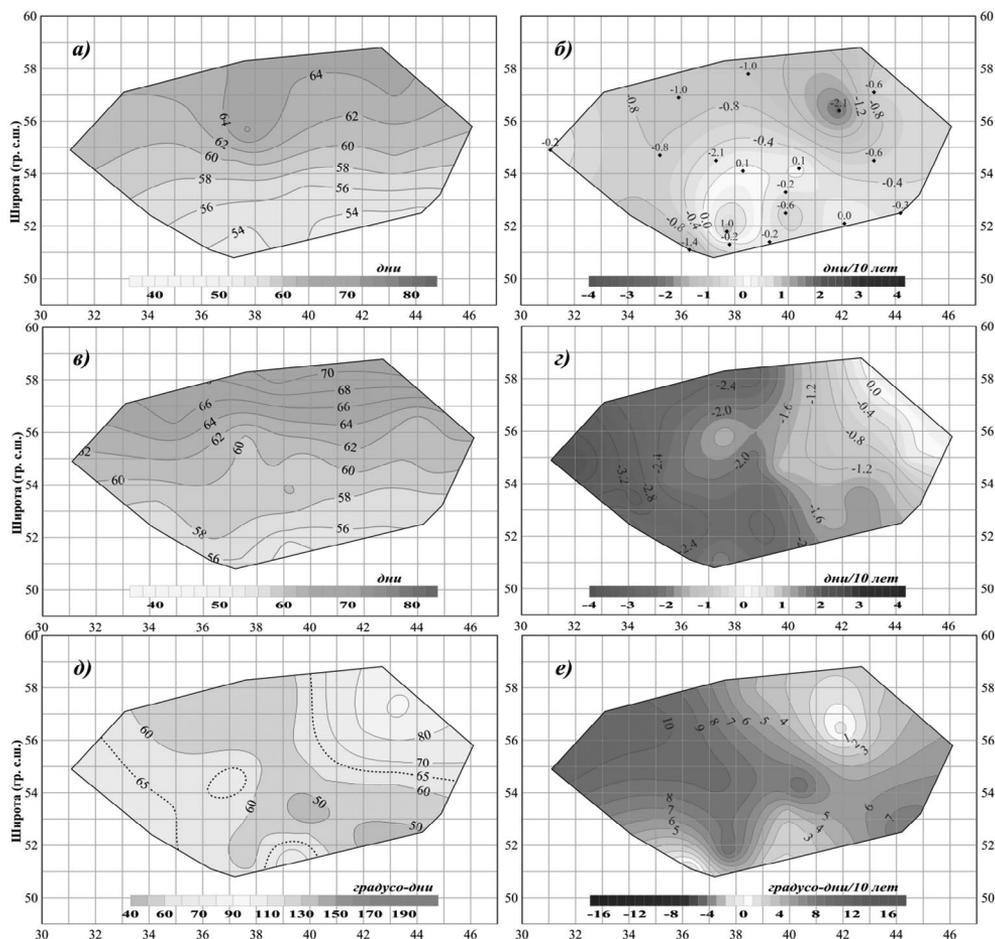


Рис. 2. Многолетние средние (слева) и коэффициенты линейного тренда (справа) для фенологии берёзы бородавчатой: дата развёртывания первых листьев (а, б), дата устойчивого перехода температуры через 10°C (в, г), сумма активных температур (от начала вегетации до даты развёртывания первых листьев) (д, е).

Черёмуха обыкновенная. Фаза цветения черёмухи – индикатор субсезона «разгар весны». Наступает в сроки от 1–3 мая на юге региона до 14–15 мая на севере, спустя примерно 10 дней после развёртывания первых листьев у берёзы, и совпадает со сроками устойчивого перехода средней суточной температуры воздуха через 12°C (рис. 3а, в).

Расположение изофен широтное с лагом примерно от 1 дня на 1° широты в южной части до 2–3 дней в срединной и северной (рис. 3а). Продвижение «волны» перехода температуры через 12°C, как и в случае с переходом через 10°C, характеризуется ускоренным прохождением в срединной части (до 1 дня на 1° широты) и замедленным в северной (до 2–3 дней на 1°) (рис. 3в). Поле средних многолетних сумм температур не имеет чёткой зональности (рис. 4д).

В поле коэффициентов линейного тренда черёмухи выделяется полоса пониженных значений между 52° и 54° с. ш., к северу и к югу от которой значения коэффициента (по модулю) повышаются до -1 – -1,5 за 10 лет, т. е. фаза стала наступать за последние 40 лет

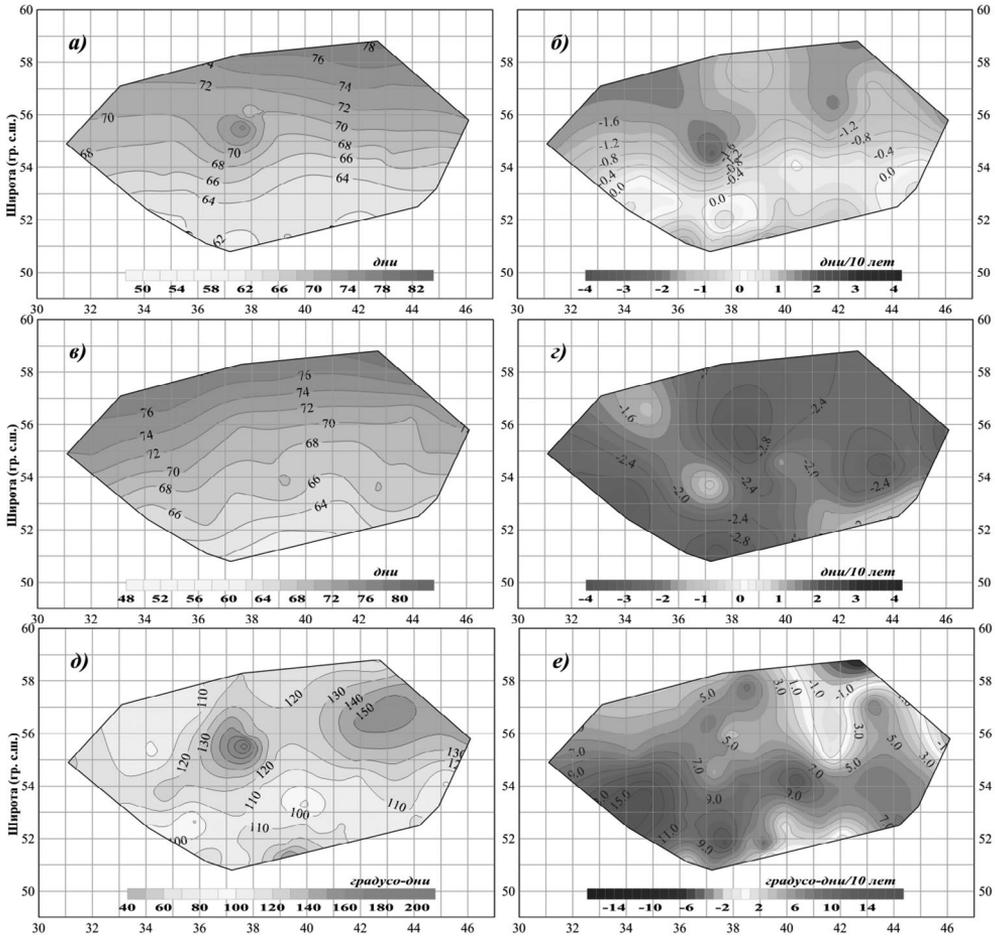


Рис. 3. Многолетние средние (слева) и коэффициенты линейного тренда (справа) фенологических характеристик черёмухи обыкновенной: дата зацветания (а, б); дата устойчивого перехода температуры воздуха через 12°C (в, г); сумма активных температур за период от начала вегетации до даты зацветания (д, е).

примерно на неделю раньше (рис. 3б). Как и в случае с берёзой, коэффициенты трендов близких по срокам к зацветанию черёмухи дат переходов температуры (через 12°C) в 2–4 раза выше (рис. 3б, г). Поля изолиний коэффициентов трендов фенологических и климатических характеристик существенно различаются. Следует отметить, что коэффициенты трендов сумм активных температур имеют повышенные значения именно в южной части региона (рис. 3е).

Рябина обыкновенная. Зацветание рябины символизирует переход от субсезона «разгар весны» к «предлетью». Наступает примерно через 10 дней после зацветания черёмухи, в сроки от 11–12 мая на юге до 25–26 мая на севере региона. Расположение изофен широтное с шагом от 1 дня на 1° широты на юге до 3–4 дней на севере (рис. 4а).

Изолинии средних многолетних дат переходов температуры через 14°C ориентированы с запада-юго-запада на восток-северо-восток с лагом от 2–3 дней на юге до 4 дней на 1° широты на севере (рис. 4в).

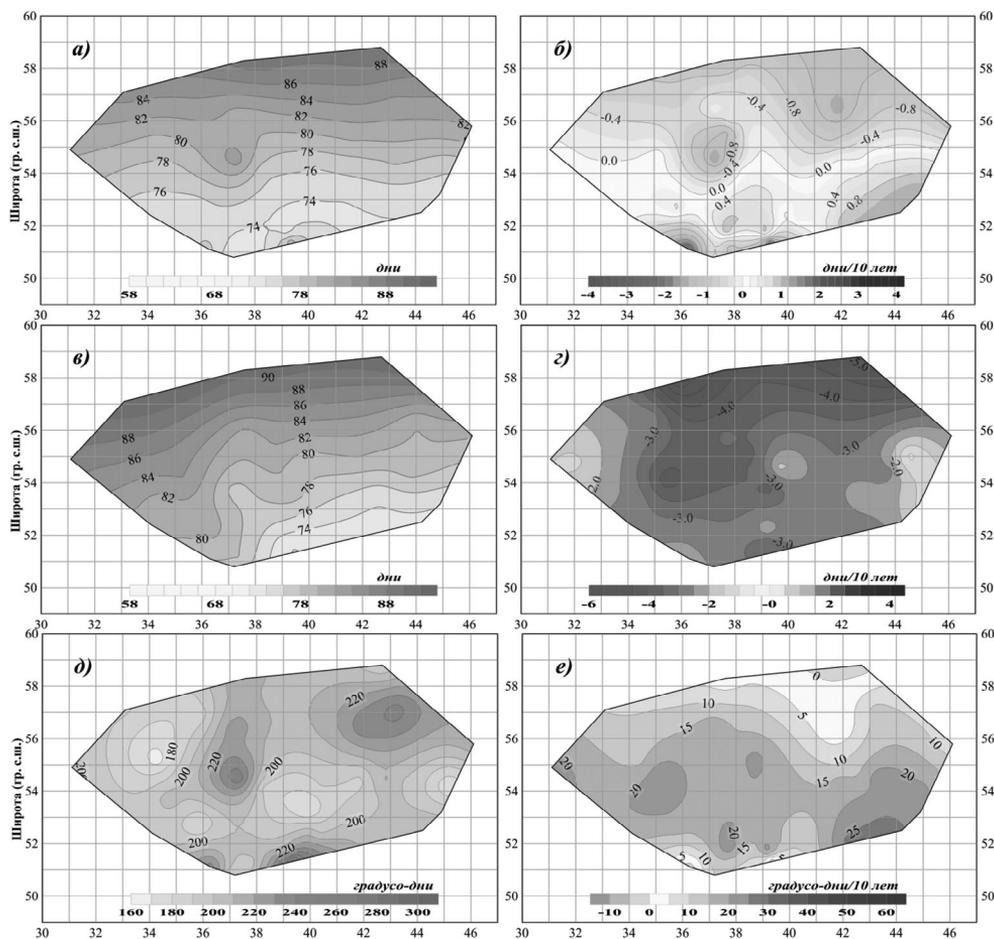


Рис. 4. Многолетние средние (а, в, д) и коэффициенты линейного тренда (б, г, е) фенологических характеристик рябины обыкновенной: дата зацветания (а, б); дата устойчивого перехода температуры воздуха через 14°C (в, г); сумма активных температур за период от начала вегетационного периода до даты зацветания рябины (д, е).

Характерной особенностью многолетних изменений дат зацветания рябины, как и в случае с черёмухой, является зона пониженных значений коэффициентов линейного тренда (положительных и отрицательных) в полосе между 52° и 54° с. ш. (рис. 4б). Причём на востоке этой зоны очаг с положительными коэффициентами (т. е. событие стало наступать позже) опускается южнее 52° с. ш. Севернее и южнее зоны также наблюдается некоторое (более слабое, чем в случае с черёмухой) повышение интенсивности нисходящих трендов (до -1,0 дня за 10 лет).

Переход температуры через 14°C более активно смещается на ранние сроки в северной части (до -4,5 дней/10 лет) (рис. 4г). Разница в значениях коэффициентов линейных трендов дат зацветания рябины и переходов температуры через 14°C достигает 5–10 раз, т. е. потепление этого периода весны развивается значительно более активно, чем происходят изменения в фенологии рябины (в отмеченной выше зоне тенденции вообще противоположны). Как и в случае с черёмухой, наиболее высокие

значения коэффициентов трендов сумм активных температур приурочены к южной части, а максимальные скорости повышения сумм температур отмечаются именно в зоне между 52° и 54° с. ш., где изменений в сроках зацветания рябины практически нет (рис. 4е).

Липа мелколистная. Цветение липы мелколистной – характерный аспект субсезона «полное лето». Наступает в сроки от 23 июня на юге рассматриваемой территории до 3 июля на севере. «Волна» цветения продвигается с шагом 1,5–2,5 дня на 1° широты (рис. 5а). Изолинии переходов температуры через 17°C ориентированы с юго-запада на северо-восток. Скорость продвижения температурной «волны» от 1,5–2 дней на 1° широты на юго-востоке до 4–5 дней на северо-западе (рис. 5в). В поле сумм активных температур вновь зональность отсутствует (рис. 5д).

В поле значений коэффициентов линейного тренда дат зацветания липы зона положительных значений существенно расширилась (по сравнению с черёмухой и ряби-

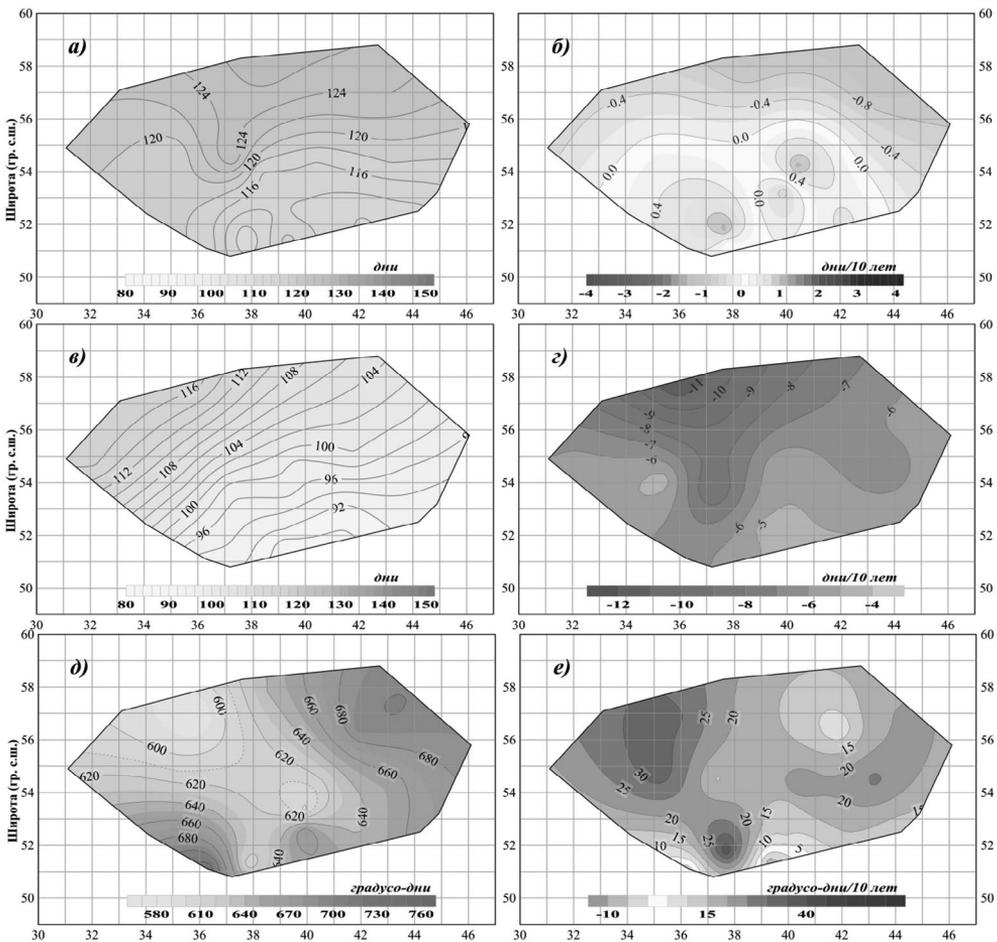


Рис. 5. Многолетние средние (слева) и коэффициенты линейного тренда (справа) фенологических характеристик липы мелколистной: дата зацветания (а, б); дата устойчивого перехода температуры через 17°C (в, г); сумма активных температур за период от начала вегетации до даты зацветания липы (д, е).

ной), отрицательные значения присутствуют на севере и локально на юге территории. Перепад значений коэффициента от -0,8 до +0,4 дня за 10 лет (рис. 5б).

Коэффициенты линейного тренда дат переходов температуры через 17°C везде отрицательные с максимумами на севере (до -9 – -11), в южной половине – до -5 – -6 дней/10 лет (рис. 5г). Разница в коэффициентах линейных трендов дат зацветания и переходов температуры через 17°C достигает 8–25 раз, т. е. скорости потепления периода цветения липы значительно превышают аналогичный показатель по срокам зацветания липы (рис. 5б, г), и это различие существенно выше аналогичных показателей у берёзы, черёмухи и рябины. При этом потепление наблюдается на всей территории с максимальными скоростями на севере. Суммы температур также демонстрируют практически повсеместную тенденцию к некоторому повышению за рассматриваемый период без чётко выраженных территориальных особенностей (рис. 5е).

Обсуждение результатов. Выделяется общая закономерность – замедление фенологических и температурных «волн» при их продвижении с юга на север (кроме начала вегетационного периода – устойчивого перехода температуры через 5°C, для которого характерно замедление при продвижении из срединной части и к северу, и к югу). Однако если для полей изофен это замедление выражено слабо (от 1 дня на 1° широты на юге до 4 дней на севере), то для переходов через пороговые значения температуры замедление существенно (до 10 и более дней на 1° широты на севере для перехода температуры через 17°C).

Расположение изолиний также сходное (широтное). Это свидетельствует об однородности факторов, обуславливающих проявление температурных и фенологических событий на всей территории. В целом фенологические тенденции у деревьев в рассматриваемом регионе соответствуют изменениям температурного режима. Наступление фенологических фаз смещается на более ранние сроки.

Наиболее активны фенологические реакции севернее 54° с. ш. в зонах южной тайги и подтаёжных лесов [14]. Тогда как южнее, в зонах широколиственных лесов и луговых степей, тренды дат практически отсутствуют, а в случае с липой появляются и положительные значения коэффициента.

Положительные коэффициенты линейного тренда для липы мелколистной могут появляться в связи с региональными особенностями температурного режима в конце мая и июне. Даже если начало облиствения проходило в нормальные сроки, фаза зацветания будет запаздывать. В пользу этого предположения мы находим совпадение двух зон (рис. 5б, е) с положительными коэффициентами линейных трендов для липы с зонами высоких коэффициентов для линейных трендов сумм активных температур (южная и юго-восточная части ЕТР). Невысокие значения среднесезонных сумм активных температур (рис. 5д) при значимом положительном коэффициенте линейного тренда (рис. 5е) свидетельствуют о том, что за последние годы происходило увеличение лага между началом вегетации и началом фазы, что возможно при пониженном температурном фоне (погода в июне), который не учитывается выбранными температурными критериями.

Интересно возникновение широтной зоны пониженных значений коэффициентов линейного тренда у черёмухи, рябины (52–54° с. ш.) и липы (52–56° с. ш.), что находится в противоречии с климатическими тенденциями, которые рассматривались в данной статье.

Скорости многолетних изменений (коэффициенты линейных трендов) фенологических явлений и дат устойчивых переходов температуры через пороговые зна-

чения существенно различаются, и это различие возрастает в ходе периода вегетации: 2–4 раза для берёзы и черёмухи, 5–10 раз для рябины и 8–25 раз для липы. Возрастные расхождений скоростей может быть обусловлено необходимостью прохождения растениями последовательных фаз вегетационного развития с определёнными периодами времени на каждую из них. Из этого следует, что фенологические изменения у растений не прямо следуют за изменением температурных показателей, реализуя гомеостатические механизмы противодействия внешним воздействиям, которые имеют, кроме прочего, пространственную специфику (зона медленных изменений между 52° и 54° с. ш.). Данные особенности подтверждают полученные нами ранее результаты аналогичного анализа за период 1970–2010 гг. [10].

В средних широтах глубокий зимний покой у древесно-кустарниковых растений заканчивается к концу января, а то и раньше. Так как продолжительность действия холода должна быть не менее 2–3 месяцев, а температура не выше 3–5°C [3], резерв гомеостатических механизмов приспособления древесно-кустарниковых видов к внешним воздействиям не исчерпан.

Кроме этого, в зимнем покое видов можно выделить еще один момент. С осени у некоторых растений, в том числе древесно-кустарниковых видов умеренных широт, вырабатывается через «закаливание» способность переносить образование льда в тканях – «льдоустойчивость» [6]. Эта способность сохраняется всю зиму при низких температурах и отсутствии продолжительных оттепелей с высокими температурами, т. е. пока растения находятся в состоянии покоя. Как только начинаются активные ростовые процессы, растения теряют это свойство.

Отсюда для некоторых видов рассматриваемого района ЕТР лимитом начала активных физиологических процессов будет изменение сроков наступления устойчивого весеннего тепла на более ранние, индикаторами которого являются даты переходов температуры воздуха через пороговые значения. Возможно, что на севере ЕТР граница между зимним и весенним сезоном на рассматриваемом промежутке времени более стабильна, чем в южных районах.

В то же время следует учитывать пространственные различия в потребности растений в продолжительности периодов зимнего покоя и вегетации. Можно предположить, что у растений из северных широт есть более широкие резервы для сокращения периода полного зимнего покоя в «пользу» вегетационного по сравнению с растениями из южных широт. И эти различия отражаются в скоростях фенологических изменений. Возможно, именно этими обстоятельствами объясняется возникновение зоны слабых фенологических изменений южнее 54–56° северной широты.

Скорее всего, возможности у растений одного вида из разных широт идентичны в смысле наличия обязательной холодной фазы в годовом цикле развития для поддержания гомеостаза. Но «обратимое» свойство «льдоустойчивости» более стабильно именно в высоких широтах, так как там более стабильный температурный режим зимой. И именно за счёт более продолжительного холодного периода северные растения продолжают оставаться в состоянии «вынужденного покоя» до наступления благоприятного температурного режима.

Для того, чтобы пошли серьёзные нарушения гомеостатических механизмов зимнего покоя у растений, в природе должны проявиться и стать стабильными гораздо более сильные климатические изменения. Отсюда приведённые ниже доводы о важности роли светового дня для сокращения зимнего покоя могут оказаться не очень существенными, так как ограничивающим фактором является в первую очередь тем-

пература. Если февраль, март по какой-то причине будут очень холодными без продолжительных оттепелей и будет поддерживаться действием низких температур вынужденный покой, увеличение светового дня не сможет повлиять на выход растений из этой стадии, так как ещё действует защитный эффект «льдоустойчивости». Поэтому, возможно, не происходит во время нахождения растения в состоянии «льдоустойчивости» важных биохимических процессов, направленных на подготовку к вегетации. Всё это запустится позже и будет протекать тем быстрее, чем быстрее и стабильнее пойдет волна тепла.

Заключение. Таким образом, рассматриваемые фенологические фазы в сезонном развитии деревьев могут быть использованы в качестве индикаторов современных изменений климата весны (в виде дат устойчивых переходов температуры воздуха через пороговые значения и средней температуры весеннего сезона). Суммы активных температур слабо связаны с весенними фенофазами, но, очевидно, в наступлении летних явлений их роль более значима.

Следует отметить, что происходящие климатические изменения пока не оказывают критического влияния на сезонное развитие некоторых лесообразующих пород Русской равнины. Полученные на «фенологической основе» результаты дополняют выводы о неоднозначности связи динамики растительности и климата, сделанные нами ранее, в том числе при изучении характера пространственной связи показателей продуктивности растительного покрова и испаряемости [1, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 17]. В результате реализации гомеостатических механизмов рассматриваемые виды деревьев демонстрируют весьма замедленную и неоднозначную в пространстве реакцию на современное потепление климата. Очевидно, что такая инерционность обеспечивает выживание видов при относительно быстрых, но не критичных изменениях климата. Можно предположить, что и в целом биота (на разных уровнях организации) подобным образом переживает динамичные изменения условий внешней среды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ведюшкин М.А., Колосов П.А., Минин А.А., Хлебопрос Р.Г. Мультистабильность на границах растительных зон // Сибирский экологический журнал. 1995. Т.2, № 3. С. 253–262.
2. Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. М.: Росгидромет, 2014. 1008 с.
3. Горышица Т.К. Экология растений: Учеб. пособие. М.: Высшая школа, 1979. 368 с.
4. Груза Г.В., Ранькова Э.Я., Рочева Э.В., Самохина О.Ф. Климатические особенности температурного режима у поверхности Земного шара в 2015 г. // Фундаментальная и прикладная климатология. 2016. № 1. С. 104–136.
5. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2015 год. М., 2016. 67 с. (www.igce.ru).
6. Лархер В. Экология растений. М.: Мир, 1978. 384 с.
7. Минин А.А. Климат и экосистемы суши: взаимосвязи и пространственно-временная изменчивость состояний // Итоги науки и техники. Сер. метеорол. и климатол. М.: ВИНТИ, 1991. Т. 19. 172 с.
8. Минин А.А. Изменения в сроках наступления некоторых фенологических явлений у деревьев на Русской равнине за последние 30 лет // Ботанический журнал. 1998. Т. 83, № 6. С. 73–78.
9. Минин А.А. Фенологические особенности состояния экосистем Русской равнины за последние десятилетия // Изв. РАН. Сер. Географ. 2000. №3. С. 75–80.
10. Минин А.А., Воскова А.В. Гомеостатические реакции деревьев на современные изменения климата: пространственно-фенологические аспекты // Онтогенез. 2014. Т. 45, № 3. С. 162–169.
11. Минин А.А., Гутников В.А. Феноиндикация современных вариаций климата в Европейской части России на примере некоторых лесообразователей и птиц // Лесоведение. 2000. № 2. С. 68–74.

12. Минин А.А., Ранькова Э.Я., Рыбина Е.Г., Буйволов Ю.А., Сапельникова И.И., Филатова Т.Д. Феноиндикация изменений климата за период 1976–2015 гг. в центральной части Европейской территории России: берёза бородавчатая (повислая) (*Betula verrucosa* Ehrh. (*B. pendula* Roth.)) // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. 2016. Т. 27. № 2. С. 17–28.

13. Минин А.А., Ранькова Э.Я., Рыбина Е.Г., Буйволов Ю.А., Сапельникова И.И., Филатова Т.Д. Феноиндикация изменений климата за период 1976–2015 гг. в центральной части Европейской территории России: берёза бородавчатая (*Betula verrucosa* Ehrh. (*B. pendula* Roth.)), черемуха обыкновенная (*Padus avium* Mill.), рябина обыкновенная (*Sorbus aucuparia* L.), липа мелколистная (*Tilia cordata* Mill.) // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. 2017. Т. 28, № 3. С. 5–22.

14. Растительность Европейской части СССР. Л.: Наука, 1980. 429 с.

15. Сезонная жизнь природы Русской равнины: Календари природы. Ленинградское отделение. Л.: Наука, 1979, 1980.

16. Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge and New York: Cambridge University Press. 1535 p.

17. Minin A.A. Some Aspects of Interrelations between Terrestrial Ecosystems and the Changing Climate // *Biology Bulletin Reviews*. 2012. V. 2, No. 2. Pp. 176–182.

REFERENCES

1. Vedushkin M.A., Kolosov P.A., Minin A.A., Khlebopros R.G. Multistability on the borders of the vegetation zones. *Sibirskii ekologicheskii zhurnal*. 2 (3), 253–262 (1995) (in Russian).

2. *The second assessment report on climate change and their effects on the territory of the Russian Federation*. 1008 p. (Moscow, Roshidromet, 2014) (in Russian).

3. Goryshina T.K. *Plant ecology*. 368 p. (Moscow: Vysshaya Shkola, 1979) (in Russian).

4. Gruza G.V., Rankova E. Ya., Rocheva E.V., Samohina O.F. Climatic features of temperature regime at the surface of the globe in 2015. *Fundamentalnaya i prikladnaya klimatologiya*. 1, 104–136 (2016) (in Russian).

5. *A report on the peculiarities of climate on the territory of the Russian Federation in 2015*. 67 p. (Moscow, 2016, www.igce.ru) (in Russian).

6. Larkher V. *Plant ecology*. 384 p. (Moscow: Mir, 1978) (in Russian).

7. Minin A.A. *Climate and ecosystems: linkages and special-temporal variability of states*. 172 p. (Moscow: VINITI, Itogi nauki i tehniki, 1991) (in Russian).

8. Minin A.A. Changes in the time of setting in some phenological phenomena in trees growing on the Russian plain for the last 30 years. *Botanicheskii zhurnal*. 83 (6), 73–78 (1998) (in Russian).

9. Minin A.A. Phenological characteristics of ecosystems of the Russian plain during the last decades. *Izvestiya RAN, ser. Geographicheskaya*. 3, 75–80 (2000) (in Russian).

10. Minin A.A., Voskova A.V. The homeostatic reactions of trees to modern climate change: spatial phenological aspects. *Ontogenez*. 45 (3), 162–169 (2014) (in Russian).

11. Minin A.A., Gutnikov V.A. Phenoindication of current fluctuations in climate in the European part of Russia by the example of some forest-forming species and birds. *Lesovedenie*. 2, 68–74 (2000) (in Russian).

12. Minin A.A., Ran'kova E. Ya., Ribina E.G., Buyvolov U.A., Sapel'nikova I.I., Filatova T.D. Phenoindication of current fluctuations in climate in the center of the European part of Russia for the 1976–2015 years. *Problemy ekologicheskogo monitoringa i modelirovaniya ekosistem*. 27 (2), 17–28 (2016) (in Russian).

13. Minin A.A., Ran'kova E. Ya., Ribina E.G., Buyvolov Yu.A., Sapel'nikova I.I., Filatova T.D. Phenoindication of climate change for the period 1976–2015 in the center part of the European Russia: common birch (silver birch) (*Betula verrucosa* Ehrh. (*B. pendula* Roth.)), bird cherry (*Padus avium* Mill.), mountain ash (rowan) (*Sorbus aucuparia* L.), small-leaves lime (linden) (*Tilia cordata* Mill.). *Problemy ekologicheskogo monitoringa i modelirovaniya ekosistem*. 28 (3), 5–22 (2017) (in Russian).

14. *Vegetation of European part of the USSR*. 429 p. (Leningrad, Nauka, 1980) (in Russian).

15. *Seasonal dynamic of Russian plain nature: Chronicle data* (Leningrad: Nauka, 1979, 1980) (in Russian).

16. Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.). *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. 1535 p. (Cambridge, United Kingdom and New York, USA: Cambridge University Press).

17. Minin A.A. Some Aspects of Interrelations between Terrestrial Ecosystems and the Changing Climate. *Biology Bulletin Reviews*. 2 (2), 176–182 (2012).

УДК 51-76 + 574.2

УСТОЙЧИВОСТЬ БИОТИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ И ЭЛЕМЕНТЫ ФРАКТАЛЬНОЙ ГЕОМЕТРИИ

Г.С. Розенберг¹

Устойчивость является важнейшим качеством систем. Обсуждаются математические формализации и экологические примеры различных определений устойчивости: устойчивость по Ляпунову, Лагранжу (стабильность), Пуассону (периодическая устойчивость), Свирежеву (иерархическая), Холлингу (упругость), Флейшману (живучесть), Гнеденко (надёжность) и др. Обсуждаются примеры использования фрактальной геометрии как развития статистических методов для описания структуры и устойчивости сообществ.

Ключевые слова: *устойчивость, стабильность, надёжность, живучесть, упругость, структура, фрактал.*

STABILITY OF BIOTIC COMMUNITIES AND ELEMENTS OF FRACTAL GEOMETRY

G.S. Rozenberg, Prof., Dr.Sci (Biol.)
Institute of Ecology of the Volga River Basin of RAS

The main idea of the article is that stability is the most important characteristic of any system. As the title implies the article describes mathematical formalizations and environmental examples of various definitions of stability such as Lyapunov stability, Lagrange stability, Poisson periodic stability, Svirezhev hierarchical stability, Holling (resilience), Fleischmann (survivability), Gnedenko (reliability), etc. The author considers examples of the use of fractal geometry in the development of statistical methods for the description of the structure and stability of biotic communities.

Keywords: *stability, reliability, survivability, elasticity, structure, fractal.*

Введение. Устойчивость (вместе со сложностью и целостностью) представляет собой одну из важнейших характеристик любой сложной системы и характеризует способность системы противостоять возмущающим факторам среды в целях своего сохранения и поддерживать свою структуру более или менее стабильной на протяже-

¹ Розенберг Геннадий Самуилович – проф., д.б.н., чл.-корр. РАН, директор Института экологии Волжского бассейна РАН, genarozenberg@yandex.ru.

нии некоторого отрезка времени. Способность самостоятельно достигнуть устойчивого состояния свойственна только живым системам. Устойчивость для экосистем – это сохранение числа видов (неизменность флористического и фаунистического составов), их количественных соотношений в данном сообществе и взаимосвязей в течение некоторого интервала времени; для популяций – отсутствие резких колебаний численности, способных привести популяцию к гибели.

Концепция устойчивости связана со вторым началом термодинамики, согласно которому любая естественная система (а популяция и экосистема являются естественными системами) с проходящим через неё потоком энергии развивается в сторону устойчивого состояния при помощи саморегулирующих механизмов (Р. Уиттекер [18] называет их *буферными*). В случае кратковременного дестабилизирующего воздействия факторов среды на систему (прежде всего, популяцию) буферные механизмы обеспечивают возврат к устойчивому состоянию. Относительно стабильные популяции контролируются, в основном, зависимыми от плотности пределами увеличения популяции сверх допустимой численности – на этом основан подход, называемый *регуляционизмом*. Принципиально иной подход – *стохастизм*; он базируется на другой гипотезе, считающей, что «равновесный уровень численности» – это артефакт усреднения за длительный срок. Популяции, не являющиеся относительно стабильными, могут достигать устойчивого состояния лишь благодаря факторам, которые определяют нижние границы их флуктуаций. Более того, по мнению сторонников стохастизма, размещение популяций в пространстве и их динамика во времени ограничены одними и теми же факторами; сторонники регуляционизма считают, что размещение популяций обусловлено абиотическими факторами (не зависящими от плотности), а динамика – биотическими (как правило, зависящими от плотности) [3].

Однако, несмотря на кажущуюся очевидность понятия «устойчивость», дать ему чёткое и однозначное определение оказывается трудной (может, и не разрешимой) задачей. «Она (*устойчивость* – Г.Р.) активно обсуждается, и к настоящему времени в литературе накопилось достаточно большое количество различных, часто противоречивых представлений о стабильности и устойчивости экосистем» [1, с. 100]. Например, В.Д. Фёдоров [11, с. 403] так определяет «устойчивость» – это «способность биосистем противостоять внешним возмущающим воздействиям при сохранении «лица» системы, зависящего от её предыстории». Более того, мне представляется, что вообще не имеет смысла пытаться дать какое-то исчерпывающее определение достаточно богатому по содержанию понятию (точное определение ограничивает рамки его применимости, и это может оказаться вредным; кроме того, невозможность дать понятию однозначное определение может выступать свидетельством сложности той системы, которую это понятие характеризует – например, «жизнь», «вид» или «политика» [9]). В этом случае можно использовать ряд фрагментарных определений, касающихся лишь некоторых отдельных сторон этого понятия. Каждое из фрагментарных определений устойчивости можно соотнести со своей математической моделью, наиболее близко соответствующей экологическому содержанию, которое вкладывается исследователем в тот или иной «фрагмент». Рассмотрим несколько таких моделей [9, 17].

Типы устойчивости.

Устойчивость по Ляпунову (*устойчивость*). Это понимание наиболее близко соответствует экологическим представлениям об устойчивости как отсутствию резких колебаний численности. В этом случае устойчивость сообщества ассоциируется с устойчивостью некоторого положительного стационарного решения системы модельных

уравнений – точка равновесия или предельный цикл. Из устойчивости в таком понимании следует сохранение числа видов в сообществе (обратное, вообще говоря, не обязательно). Различают устойчивость «в малом» (достаточно малое отклонение режима работы от исходного, независимо от того, какими причинами оно вызвано, с течением времени уменьшается и система возвращается в исходное состояние) и устойчивость «в большом» (система, получив достаточно большое начальное отклонение, возвращается в исходное состояние после прекращения действия возмущения). В большинстве практических задач производят исследование устойчивости «в малом». Исследование устойчивости «в большом» изучают путём анализа хода интегральных кривых на фазовой плоскости или путём использования второго метода Ляпунова (исследования с помощью специальных функций Ляпунова). Основы теории устойчивости (в этом контексте) были разработаны крупнейшим русским математиком А.М. Ляпуновым в 1892 г. и изложены в его книге «Общая задача об устойчивости движения». Экологической иллюстрацией «устойчивости по Ляпунову» является анализ аналитической модели сезонного развития сообщества фитопланктона – эффект «цветения воды» [5].

Устойчивость по Свирежеву (иерархическая) – сохранение структуры популяции за счёт стабилизирующего действия всего сообщества или экосистемы. Суть представлений Ю.М. Свирежева [10] сводится к следующему. Любая экосистема состоит из «блоков», каждый из которых на своём отрезке времени может быть либо устойчивым, либо нет. Однако неустойчивость отдельного блока стабилизируется другим блоком, расположенным иерархически выше. Так, например, «блок фитопланктона» в гидроэкосистеме существенно зависит от абиотической составляющей («абиотического блока»: температуры, освещённости, наличия биогенных элементов и пр.); в свою очередь, «блок фитопланктона» в существенной степени определяет устойчивость «блока зоопланктона», тот – «блока ихтиофауны» и пр. Примером могут служить модели достаточно распространённой консорции макрозообентоса с детерминантным центром *Dreissena+Unionidae* и консортивной совокупностью гидробионтов в водоёмах разного типа (например, [13]).

Устойчивость по Пуассону (периодическая устойчивость) предполагает, что соответствующая фазовая траектория (результат описания дифференциальными уравнениями динамики некоторой гидроэкосистемы) сколь угодно долго не покидает ограниченной области фазового пространства. Иными словами, находясь в этой области бесконечно долго, она неизбежно будет возвращаться в сколь угодно малую окрестность начальной точки. Времена возврата могут быть периодическими, квазипериодическими или представлять собой случайную последовательность (последнее, если решение отвечает режиму динамического хаоса для странного аттрактора).

Именно последнюю ситуацию иллюстрирует модель трёхвидового сообщества [9], где $x(t)$, $y(t)$ и $z(t)$ – численности видов в момент времени t . Будем различать виды по типу их эколого-ценотических стратегий: виды x и y – это k -стратеги (конкуренты), z – R -стратег (рудерал); первые характеризуются мощным конкурентным подавлением соперников и способностью доминировать в сообществе, второй – не отличается устойчивостью к стрессовым ситуациям, обладает низкой конкурентной мощностью, но способен при отсутствии конкуренции быстро захватывать пространство (высокая скорость размножения). Эти представления позволяют записать следующую модель динамики такого сообщества:

$$\begin{aligned} dx/dt &= a_1x - b_1y \cdot \ln z \\ dy/dt &= a_2y - b_2x \cdot \ln z \\ dz/dt &= a_3z - b_3xyz, \end{aligned} \quad (1)$$

где a_i – коэффициенты естественного прироста видов, b_i – коэффициенты межвидовых взаимоотношений, ограничивающих рост. Выбор логарифмической зависимости при описании взаимодействия видов-конкурентов с видом-рудералом продиктован значительно меньшей конкурентной мощностью последнего (кроме того, подобный приём уже использовался в одной из модификаций модели конкуренции [14]). Отсутствие ограничивающих воздействий самих видов на свой рост (внутривидовой конкуренции) связан с тем, что моделируется ранняя стадия сукцессии, когда эти взаимодействия слабы, и ими можно пренебречь.

Легко показать, что эта модель имеет неустойчивую точку равновесия и путём простого преобразования ($\ln z = a_3 w$) с точностью до коэффициентов модель (1) сводится к модели со странным аттрактором. Таким образом, строго детерминированная модель будет иметь «стохастическое» поведение, что позволяет объяснить случайный характер доминирования того или иного вида на разных стадиях сукцессии, а точка $\{x_0, y_0, z_0\}$ будет устойчивой по Пуассону.

Можно констатировать, что существование странных аттракторов в фазовом пространстве феноменологических моделей экосистем заставляет по-иному взглянуть и на саму природу стохастичности изменения характеристик экосистем во времени. При этом возникает интересная задача нахождения статистики поведения системы по известной структуре странного аттрактора (своего рода, аналог закона распределения для случайной величины).

Устойчивость по Лагранжу (стабильность). Если сообщество сохраняет все свои виды, но не имеет равновесных состояний (т. е. решения модельных уравнений вольтерровского типа ограничены сверху и снизу некоторыми положительными константами), то говорят об относительной стабильности системы и оценивают устойчивость по Лагранжу. Именно такой тип устойчивости (стабильности) предлагает А.Ф. Алимов [1, с. 102–103]: «Под устойчивостью сообщества или экосистемы предлагается понимать отклонение их характеристик от некоего среднего уровня, свойственного конкретной системе как исторически сложившейся при определённых условиях». Очевидно, что требование стабильности является более «слабым», чем устойчивость по Ляпунову.

Устойчивость по Холлингу (упругость). В экосистеме, особенно находящейся под антропогенным воздействием, может происходить исчезновение (вымирание) одного или нескольких видов и, соответственно, сокращение трофических связей. К. Холлинг [15, с. 21] замечает, что «исчезновение вида не есть чисто случайное событие, а является результатом взаимодействия случайных событий с теми детерминированными силами, которые определяют форму, размеры и характеристики области устойчивости». Поэтому он предложил наряду с устойчивостью сообщества рассматривать ещё и «упругость» – способность системы сохранять свои внутренние взаимосвязи при возмущении её состояния.

Взаимосвязи экосистемы формализуются корреляционной матрицей, которая, в свою очередь, сводится к обыкновенному знаковому графу; анализ последнего как целостного объекта может предоставить исследователю интересную информацию об упругости изучаемой системы. Так, например, Г.Е. Михайловский [7] предлагает рассматривать следующие показатели:

- конкордность системы (ϕ) – средняя сила достоверных корреляционных связей, которая может быть измерена как средний модуль достоверных коэффициентов связи;
- организованность системы (R) – нормированная суммарная сила корреляционных связей;

- сложность системы (σ) – коэффициент, связывающий конкордность с организованностью:

$$R = \sigma \varphi, \sigma = R/\varphi = 2N/n^2, \quad (2)$$

где N – наблюдаемое число достоверных связей, n – общее число видов в экосистеме (к сожалению, для этих показателей не определена величина ошибки, что, естественно, затрудняет процедуру сравнения). *Конкордность системы (φ) интерпретируется Михайловским как упругость в понимании Холлинга*. В работе [17] дан пример определения параметров конкордности, сложности и организованности экосистем малых рек Самарской области в пространстве 85 видов бентоса на 13 станциях наблюдений.

Устойчивость по Флейшману (живучесть). Живучесть – это сохранение структуры и функционирования системы с помощью активного подавления «вредных» факторов [12]. Различают «живучесть» и «устойчивость» по способности популяции и экосистемы реагировать на воздействия факторов среды, соответственно, резко или пропорционально силе воздействия. Самым тривиальным примером живучести может служить образование рыбных стай, что позволяет активно противостоять хищникам и осуществлять поиск контактно-распределённой в водной толще пищи (в последнем случае возникает специфическая задача оптимизации размера рыбной стаи).

Устойчивость по Гнеденко (надёжность). Одним из фрагментарных определений устойчивости можно считать «надёжность» (англ. *reliability, dependability*; чаще используется применительно к техническим системам) – свойство системы сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, хранения и транспортирования; сохранение системы, несмотря на гибель отдельных её элементов, с помощью их замены, дублирования и т. д.; скорость подобного восстановления называют «авторегенеративностью системы». Интуитивно надёжность систем связывают с недопустимостью отказов в работе (безотказность, долговечность и сохраняемость). Это подтверждает вывод Б.С. Флейшмана [1982, с. 31] о том, что «надёжность является более пассивной формой структурной устойчивости, чем живучесть». Одним из первых математическую теорию надёжности стал развивать В.Б. Гнеденко [4]. Надёжность экосистем достигается за счёт разнообразия видового состава при обратимых (суточных, сезонных и разногодичных) изменениях. При этом, надёжная система может быть сложена из ненадёжных элементов или подсистем, не способных к самостоятельному существованию (например, коралловые рифы или сообщества «социально организованных» насекомых).

Статистические приёмы оценки устойчивости гидроэкосистем. Это, пожалуй, самый большой класс методов оценки и измерения устойчивости экосистем. В качестве оценки колебания разброса единичных значений функции вокруг среднего можно использовать, например, линейные преобразования коэффициента вариации или просто отношения минимальной за год биомассы сообществ к максимальной. Я остановлюсь только на одном, сравнительно новом методе, в основе которого лежат представления фрактальной геометрии (подробный обзор см. [2]).

Фрактальные методы анализа структуры сообществ. Классическая теоретическая экология опирается на гипотезу о положительной связи между разнообразием и устойчивостью сообществ. Трудности её разработки связаны с отсутствием строго формализованных определений не только для «устойчивости», но и для «разнообразия» [8].

Методологической основой разрабатываемой нами *фрактальной теории структуры сообщества* явилось представление о *самоподобии*, как имманентной характеристи-

ке биоценоза. Действительно, биологические системы представляют собой открытые, сильно неравновесные системы, существование и эволюция которых определяется приходящим из окружающей среды потоком энергетических ресурсов. Возникающие при этом системы демонстрируют в широком диапазоне параметров пространственно-временной *скейлинг* – свойство самоподобия, или масштабной инвариантности – один из фундаментальных видов симметрии физического мира, играющие формообразующую роль во Вселенной. Всё это в полной мере можно отнести и к биотическим сообществам.

Рассмотрим видовую структуру сообщества. Зависимость видового богатства (S) от «выборочного усилия», выраженного через площадь обследованной территории (A) или объём выборки (N), давно интересовала исследователей. Ещё в 1859 г. британский ботаник-любитель, эволюционист Х. Уотсон (Hewett Cottrell Watson, 1804–1881) предложил зависимость S от A для сосудистых растений Британии в билогарифмических координатах; в дальнейшем сходные зависимости предлагали ботаники – швейцарец П. Жаккар (Paul Jaccard, 1868–1944) и финн Э. Палмгрин (Alvar Palmgren, 1880–1960), шведский агрохимик и ботаник О. Аррениус (Olof Wilhelm Arrhenius, 1896–1977), американский ботаник и эколог Г. Глизон (Henry Allan Gleason, 1882–1975), много писал об этом американский эколог Ю. Одум (Eugene Pleasants Odum, 1913–2002) и др. Приведу высказывание одного из крупнейших экологов и гидробиологов второй половины XX века, испанца Р. Маргалефа (Ramón Margalef i López, 1919–2004): «Зависимость между S и N можно выразить следующим образом:

$S = N^0$	$S = N^k$	$S = N^1$
хемостат	обычная экосистема	музейная экспозиция

Степень k – прекрасный индекс разнообразия. Он находится в пределах между 0 и 1. Он может выражать связь с энергией (энергия, проходящая через систему, наибольшая в хемостате и нулевая в музее)... Он не характеризует детали, но может выражать фрактальную самоорганизацию внутри системы...» [6, с. 143].

Итак, основной вывод состоит в том, что *видовая структура сообщества самоподобна*, что и отражает степенная зависимость числа видов от площади обследованной территории. Однако, как и любая фрактальная размерность, индекс $k = (\ln S) / (\ln N)$ не даёт исчерпывающего количественного представления о видовой структуре биотического сообщества: формула Маргалефа констатирует лишь сам факт наличия вида в выборке, но не содержит, например, сведений о распределении видов по численности или о степени их доминирования. Наиболее общее описание внутреннего устройства самоподобных объектов позволяет дать *теория мультифракталов* (основные понятия и положения этой теории были введены Б. Мандельбротом (Benoît B. Mandelbrot, 1924–2010) в начале 70-х годов прошлого века), характеризующих бесконечной иерархией размерностей [2].

В наших предыдущих работах (подробнее см. [2]) было показано, что видовая структура биотических сообществ современных организмов наземных и водных экосистем (растений, зоопланктона, зообентоса, насекомых, мелких млекопитающих и пр.) может быть удовлетворительно описана в терминах фрактальной геометрии. При этом, мультифрактальный формализм может быть адаптирован к описанию видовой структуры сообщества (параметр биоразнообразия), а мультифрактальный *спектр сингулярностей видовой структуры сообщества* является его адекватным обобщённым геометрическим образом, недостижимым в настоящее время традиционными способами описания, принятыми в синэкологии.

Заключение. До настоящего времени дискуссионным остаётся вопрос о связи между сложностью и устойчивостью сообществ. Гипотеза о положительной связи между разнообразием и устойчивостью была сформулирована «корифеями» экологии 1950–1970-х гг. Ю. Одумом, Р. Макартуром (Robert Helmer MacArthur, 1930–1972) и Ч. Элтоном (Charles Sutherland Elton, 1900–1991). В их работах обосновывается тезис о том, что если некий хищник питается несколькими видами добычи, то колебания среды, затрагивающие популяции добычи, будут слабо сказываться на колебаниях популяции хищника. И наоборот, если плотность популяции вида контролируется несколькими хищниками, то этот вид будет более стабилен при экзогенных воздействиях, выбивающих одного из хищников. В качестве эмпирической поддержки Одум и Элтон приводят в пример значительные осцилляции многих популяций в Арктике, которые не наблюдаются в более разнообразных тропических сообществах, а также характерные для упрощённых агроэкосистем вспышки численности вредителей, которые не характерны для естественных сообществ.

Первоначальный энтузиазм экологов был поколеблен в 1970-х гг. работами британских исследователей У. Эшби (William Ross Ashby, 1903–1972) и Р. Мэя (Robert McCredie May, г. р. 1936), в которых было показано, что в сконструированных случайным образом пищевых сетях разнообразие снижает устойчивость, что сформировало «новую парадигму», просуществовавшую несколько десятилетий.

Сравнительно недавно [16] было показано, что стабильность экосистем обеспечивается асимметрией структуры их сообществ. Так, передача энергии в трофических сетях в природных экосистемах (например, озёрах) от нижних уровней к верхним происходит по двум разным каналам (более быстрому и более медленному), объединяемым хищниками на верхних уровнях. Известно, что в основании трофических связей в озере лежит фитопланктон, создающий органическое вещество, которое потом может быть использовано зоопланктоном, и детрит – взвешенное неживое органическое вещество, которое может быть использовано бактериями, в свою очередь потребляемыми некоторыми животными. Изучение поведения математических моделей таких систем показало, что в тех случаях, когда потоки по двум каналам уравниваются, система становится гораздо менее стабильной. Дело в том, что в этом случае изменения в обоих каналах происходят синхронно, а важна именно асинхронность и возможность компенсации одного за счёт другого. Резкое снижение стабильности происходит и в том случае, когда поток идёт только по одному каналу. Следовательно, для сохранения своей устойчивости экосистемы должны быть гетерогенными, допускающими возможность разных путей («каналов») передачи вещества и энергии от основания трофической пирамиды до её вершины. Кроме того, в них должны быть «верховные хищники», способные переключаться с одного канала на другой. Таким образом, трендом последнего десятилетия стал отказ от лобовой атаки на проблему взаимосвязи сложности и стабильности и переход к поиску и описанию реальных стабилизирующих механизмов, позволяющих поддерживать высокое биологическое разнообразие без потери стабильности.

Известно, что выживание организмов достигается различными биологическими механизмами: конкуренцией, размножением, адаптациями и т. д. В сообществе виды могут вымирать поодиночке, но выживают только совместно. Можно предположить, что поддержание сообществом самоподобной (фрактальной) структуры способствует на основе самоорганизации совместному выживанию популяций разных видов, поскольку соответствует нахождению сообщества в гомеостатическом

диапазоне экологических параметров. На данном этапе исследований фрактальность структурной организации представляется имманентным свойством самых различных биологических сообществ, что следует как из теоретических предпосылок, так и из обработанного эмпирического материала [2]. Устойчивость также рассматривается как одна из имманентных характеристик зрелых сообществ, поскольку внутренне нестабильная система не могла бы существовать сколько-нибудь значимое в эволюционном масштабе время. Всё это позволяет сформулировать гипотезу о связи фрактальной организации и устойчивости сообщества: *фрактальная организация биологических сообществ является как минимум одним из механизмов, обеспечивающих их устойчивость*. Таким образом, самоподобие можно рассматривать как один из потенциальных факторов обеспечения устойчивости сообщества как целостного эволюционного образования.

Благодарности. Работа выполнена при частичной финансовой поддержке Российского гуманитарного научного фонда (грант 16-13-63004-Самара) и Российского фонда фундаментальных исследований (грант 17-44-630113 р_поволжье_a).

ЛИТЕРАТУРА

1. Алимов А.Ф. Элементы теории функционирования водных экосистем. СПб.: Наука, 2000. 147 с.
2. Гелашивили Д.Б., Иудин Д.И., Розенберг Г.С., Якимов В.Н., Солнцев Л.А. Фракталы и мультифракталы в биоэкологии. Н. Новгород: Изд-во Нижегород. гос. ун-та, 2013. 370 с.
3. Гиляров А.М. Популяционная экология: Учеб. пособие. М.: Изд-во МГУ, 1990. 191 с.
4. Гнеденко Б.В., Беляев Ю.К., Соловьёв А.Д. Математические методы в теории надёжности. М.: Наука, 1965. 524 с.
5. Крестин С.В., Розенберг Г.С. Об одном механизме «цветения воды» в водохранилищах равнинного типа // Биофизика. 1996. Т. 41. Вып. 3. С. 650–654.
6. Маргалев Р. Облик биосферы. М.: Наука, 1992. 214 с.
7. Михайловский Г.Е. Принципы экологического мониторинга водных сообществ // Человек и биосфера. Вып. 8. М.: Изд-во МГУ, 1983. С. 55–67.
8. Розенберг Г.С. Информационный индекс и разнообразие: Больцман, Котельников, Шеннон, Уивер... // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии: Бюллетень. 2010. Т. 19, № 2. С. 4–25.
9. Розенберг Г.С. Введение в теоретическую экологию. В 2-х т.; Изд. 2-е, исправленное и дополненное. Тольятти: Кассандра, 2013. Т. 1. 565 с. Т. 2. 445 с.
10. Свирежев Ю.М. Об иерархической устойчивости биологических сообществ // Математические модели морских экологических систем. Киев: Наукова думка, 1974. С. 44–46.
11. Фёдоров В.Д. Устойчивость экологических систем и её измерение // Изв. АН СССР. Сер. биол. 1974. № 3. С. 402–415.
12. Флейшман Б.С. Основы системологии. М.: Радио и связь, 1982. 368 с.
13. Харченко А.А., Протасов А.А. О консорциях в водных экосистемах // Гидробиологический журн. 1981. Т. 17, № 4. С. 15–20.
14. Gomatam J. A new model for interacting populations two species systems // Bulletin Mathematical Biology. 1974. V. 36. P. 347–353.
15. Holling C.S. 1973. Resilience and stability of ecological systems // Annual Review Ecology & Systems. V. 4. P. 1–23.
16. Rooney N., McCann K., Gellner G., Moore J.C. Structural asymmetry and the stability of diverse food webs // Nature. 2006. V. 442. P. 265–269.
17. Rozenberg G.S., Zinchenko T.D. The sustainability of aquatic ecosystems: an overview of the problem // Arid Ecosystems. 2014. V. 4, No. 4. P. 234–243.
18. Whittaker R.H. Climax concept and recognition // Handbook of Vegetation Science. Part 8. Vegetation Dynamics. Hague (Netherlands): Dr. W. Junk B.V. Publ., 1974. P. 137–154.

REFERENCES

1. Alimov A.F. *Elements of the Theory of Functioning of Aquatic Ecosystems*. 147 p. (S.-Petresburg: Nauka, 2000) (in Russian).
2. Gelashvili D.B., Iudin D.I., Rosenberg G.S., Yakimov V.N., Solntsev L.A. *Fractals and Multifractals in Bioecology*. 370 p. (N. Novgorod: Publ. NNSU, 2013) (in Russian).
3. Gilyarov A.M. *Population Ecology*. 191 p. (Moscow: Publ. MGU, 1990) (in Russian).
4. Gnedenko B.V., Belyaev Yu.K., Solovyov A.D. *Mathematical Methods of Reliability Theory*. 524 p. (Moscow: Nauka, 1965) (in Russian).
5. Krestin S.V., Rozenberg G.S. The mechanism of "blooms" in reservoirs in plain type. *Biophysics*. **41**(3), 650–654 (1996) (in Russian).
6. Margalef R. *Appearance of the Biosphere*. 214 p. (Moscow: Nauka, 1992) (in Russian).
7. Mikhailovsky G.E. Principles of environmental monitoring aquatic communities. *Man and the Biosphere*. **8**, 55–67 (Moscow: Publ. MGU, 1983) (in Russian).
8. Rozenberg G.S. Information index and diversity: Boltzmann, Kotel'nikov, Shannon, Weaver... *Samarskaya Luka: Problems of Regional and Global Ecology: Bulletin*. **19** (2), 4–25 (2010) (in Russian).
9. Rozenberg G.S. *Introduction to Theoretical Ecology*. In 2 vol. (Togliatti: Cassandra, 2013). **1**, 565 p. **2**, 445 p. (in Russian).
10. Svirezhev Yu.M. Hierarchical stability of biological communities. *Mathematical Models of Marine Ecosystems*. P. 44–46 (Kiev: Naukova Dumka, 1974) (in Russian).
11. Feodorov V.D. Stability of ecological systems, and its measurement. *Proceedings of the USSR Academy of Sciences. The biology series*. **3**, 402–415 (1974) (in Russian).
12. Fleishman B.S. *Fundamentals of Systemology*. 368 p. (Moscow: Radio and Communication, 1982) (in Russian).
13. Kharchenko A.A., Protasov A.A. About the consortia in aquatic ecosystems. *Hydrobiological Journal*. **17**(4), 15–20 (1981) (in Russian).
14. Gomatam J. A new model for interacting populations two species systems. *Bulletin Mathematical Biology*. **36**, 347–353 (1974).
15. Holling C.S. Resilience and stability of ecological systems. *Annual Review Ecology & Systems*. **4**. 1–23 (1973).
16. Rooney N., McCann K., Gellner G., Moore J.C. Structural asymmetry and the stability of diverse food webs. *Nature*. **442**. 265–269 (2006).
17. Rozenberg G.S., Zinchenko T.D. The sustainability of aquatic ecosystems: an overview of the problem. *Arid Ecosystems*. **4**(4), 234–243 (2014).
18. Whittaker R.H. Climax concept and recognition. *Handbook of Vegetation Science*. Part 8. Vegetation Dynamics. P. 137–154 (Hague (Netherlands): Dr. W. Junk B.V. Publ., 1974).

ПРАКТИКА ОЦЕНКИ ЗДОРОВЬЯ СРЕДЫ: ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЯ ФЛУКТУИРУЮЩЕЙ АСИММЕТРИИ И ДРУГИХ БИОИНДИКАЦИОННЫХ ПОДХОДОВ

Е.Г. Шадрина, Я.Л. Вольперт¹

Проведена оценка качества среды на территории трёх городов в зоне воздействия предприятий горнодобывающей промышленности, а также участков с повышенным радиационным фоном на территории Якутии. Рассмотрена величина флуктуирующей асимметрии (ФА) билатеральных структур мелких млекопитающих и древесных растений. Промерено около 60000 листьев, просмотрено 3500 черепов мелких млекопитающих. Проанализированы показатели численности, видового разнообразия, половозрастной структуры популяций и репродукции мелких млекопитающих. Обсуждаются вопросы выбора видов-биоиндикаторов и факторы, которые могут исказить результаты при оценке качества среды по показателям нарушения стабильности развития. Применение показателей ФА позволяет дать оценку качества среды и сравнить состояние территорий, находящихся в разных природно-климатических условиях, сопоставление которых затруднено из-за многокомпонентных, неодинаковых по силе и разным по генезису антропогенных воздействий.

Ключевые слова: биоиндикация, биотестирование, качество среды, флуктуирующая асимметрия, антропогенное воздействие, древесные растения, лук-батун, мелкие млекопитающие, структура сообществ, видовое разнообразие, популяционные параметры.

THE PRACTICE OF ENVIRONMENTAL HEALTH ASSESSMENT: EFFICIENCY OF FLUCTUATING ASYMMETRY AND OTHER BIOINDICATION-BASED APPROACHES

E.G. Shadrina¹, Prof., Dr. Sci (Biol.), Ya. L. Vol'pert², Dr. Sci (Biol.)

¹ Institute of Biological Problems of the Cryolithozone of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (Yakutsk)

² Scientific Research Institute of Applied Ecology of the North of the North-Eastern Federal University named after M.K. Ammosov (Yakutsk)

The article is devoted to the environmental quality evaluation that was performed on the territory of three cities in areas affected by mining industry and in places on the territory of Yakutia with increased levels of background radiation.

The authors considered fluctuating asymmetry (FA) levels of bilateral structures of small mammals and woody plants. They as well measured approximately 60,000 leaves and examined 3,500 skulls of small mammals. According to the article, the authors analyzed figures of population distribution, species diversity, sex and age population structure, and reproduction rate of small mammals.

They registered an increase in FA level in trees and small mammals in urban territories, in areas affected by mining industry, and in places with chronically increased

¹ Шадрина Елена Георгиевна – д.б.н., проф. Института биологических проблем криолитозоны Сибирского отделения Российской академии наук, e-shadrina@yandex.ru; Вольперт Яков Лейзерович – д.б.н., зав. лаб. Научно-исследовательского института прикладной экологии Севера Северо-Восточного федерального университета им. М.К. Аммосова (г. Якутск), ylv52@mail.ru.

background radiation or contaminated with oil products. Examination of small mammals' population distribution and population structure revealed variable reactions of biota at the population and coenotic levels. At the community level, micro- and macroanthropogenic changes are diagnosed easily; the scale of changes depends on an impact duration, pollution level, and climatic zone. Under slight anthropogenic influence, an increase in population distribution and species diversity can often be observed as compared to undisturbed biotopes; as the transformation of environment intensifies, these parameters show a decrease. At the population level one can observe changes in sex and age structure and reproduction rate. A prolonged anthropogenic influence is accompanied by increased reproductive activity and individual fertility, which indicates intensified elimination in technogenically transformed environment; however, the population level diagnoses well only prolonged meso- and macroanthropogenic impacts.

Further the authors discuss the problem of selecting bioindicator species, as well as factors that can lead to misinterpretation in assessment of environmental quality on indicators of developmental stability abnormalities. In cases where plant cover is completely removed, the authors suggest assessing environmental quality using bioassay with an *Allium fistulosum* L. (Welsh onion) as the object and germination capacity and occurrence of mitosis abnormalitis as assay functions. We have analyzed 180 soil samples and 74,500 anatephase cells. The most perceptible bioindication parameter is an FA level; it reflects disturbances in developmental stability of the organism even in the early stages of ecosystem transformation.

Application of the FA approach allows one to evaluate environmental quality and compare the state of territories with different natural and climatic conditions, whose direct comparison is complicated due to multi-component, variable in intensity and different in genesis anthropogenic influences.

Keywords: bioindication, bioassay, environmental quality, fluctuating asymmetry, anthropogenic impact, woody plant, small mammals, *Allium fistulosum*, community structure, species diversity, population parameters.

Введение. Усиление антропогенного давления на экосистемы, включающее расширение урбанизированных территорий, экспансию промышленности на девственные территории, развитие транспортных коммуникаций, ставит перед экологами задачу разработки методов и подходов, позволяющих оценить негативное влияние многокомпонентного воздействия – химического, физического, механического. В случае одновременного, иногда разнонаправленного действия факторов разной природы, явно недостаточно методов физико-химического анализа, которые дают возможность оценить содержание загрязняющих веществ в окружающей среде, но не отвечают на вопрос, каково суммарное негативное воздействие трансформации природной среды на биоту и человека [15]. В этих условиях всё большее распространение получают методы биоиндикации и биотестирования. В широком понимании этого термина любое изучение биологических объектов самого разного уровня (организм, популяция, сообщество) можно рассматривать как элемент биоиндикации. Нами биоиндикационные исследования состояния среды понимаются значительно уже – как специализированные исследования, которые ставят задачу выявить какие-либо, в первую очередь антропогенные, изменения в окружающей среде или оценить состояние территории по состоянию живых организмов.

Для биоиндикационной оценки качества среды возможно применение самых разных подходов – от ценологических и популяционных до молекулярно-генетических и клеточных, но отнюдь не все из них можно использовать в реальной практике. Прежде всего, надо отметить, что биоиндикация с целью оценки качества среды предусматривает создание достаточно чёткой градации анализируемых признаков и создание

шкалы для унификации данных. Поэтому важна возможность выделения у тест-организмов чётко диагностируемых признаков с определением степени отклонения от оптимума. Немаловажны также высокая чувствительность тестируемых признаков при низкой индивидуальной изменчивости, возможность быстрой обработки достаточно большого объёма материала, воспроизводимость результатов, полученных при использовании тест-системы разными исследователями, и, в идеале, возможность сравнения с другими регионами.

В настоящее время биоиндикационные исследования при оценке состояния среды получили широкое распространение, при этом надо отметить, что хотя большинство такого рода работ представляет большой теоретический и практический интерес, часть методик весьма трудоёмки, поэтому неприменимы для широких мониторинговых исследований, часть работают с труднодоступными и не везде встречающимися видами. Кроме того, многие методы биоиндикации позволяют выявить в основном крупные изменения, затрагивающие наследственный аппарат или биоценотические связи на стадии необратимых нарушений экосистемы, тогда как большой интерес представляют чувствительные методики, регистрирующие мелкие ненаследственные изменения организмов на ранних стадиях трансформации биоты. Одним из наиболее перспективных в этом отношении является морфогенетический подход, разработанный В.М. Захаровым с соавторами [5], в последнее время получающий все большее признание и распространение как один из наиболее удобных методов, удачно интерпретирующий качество среды через оценку состояния индивидов. В основе данного метода лежит оценка стабильности развития организма по частоте мелких ненаследственных изменений, проявляющихся, в частности, в повышении уровня флукутирующей асимметрии (ФА) билатеральных структур [4].

При выборе модельных биоиндикаторных видов (или групп) организмов важны следующие моменты.

- Многочисленность (или плотность произрастания) в природе, что обеспечивает доступность и быстроту сбора материала.
- Эврибионтность (т. е. достаточно хорошая приспособленность к условиям региона и возможность существования в широком диапазоне экологических условий).
- Возможность выделения у тест-организмов чётко диагностируемых признаков с определением степени отклонения от оптимума.
- Высокая чувствительность тестируемых признаков при низкой индивидуальной изменчивости.
- Подвижность и размеры биоиндикаторов определяют способность индцировать состояние среды определённого участка (с одной стороны, важна уверенность в том, что биоиндикаторы существуют в конкретной техногенной зоне, а не являются мигрантами, с другой – важна оценка среды относительно обширного и однородного участка в зоне воздействия, но не микробиотопа или микроместообитания).
- Возможность быстрой обработки достаточно большого объёма материала и возможность разбивки на этапы сбора и камеральной обработки материала.
- Воспроизводимость результатов, полученных при использовании данной тест-системы разными исследователями.
- Широкая распространённость видов-биоиндикаторов (что обеспечит возможность сравнения с другими регионами).

На наш взгляд, этим требованиям в наземных экосистемах наилучшим образом отвечают мелкие млекопитающие и древесные растения.

Целью наших исследований была биоиндикационная оценка качества среды на территории Якутии с использованием разных подходов биоиндикации и анализ эффективности их применения.

Методика исследований. Материал для исследований собран в бесснежный период 1996–2015 гг. на территории Южной, Центральной и Западной Якутии. Обследована территория трёх городов (Якутск, Алдан и Мирный), а также зона воздействия шести крупных горнодобывающих комплексов. Мелкие млекопитающие отлавливались общепринятыми методами [7]. Отработано 31 000 конусо/суток, 26 000 давилко/суток и отловлено 10 000 экземпляров мелких млекопитающих.

При сравнении состава сообществ вычисляли коэффициент Жаккара-Наумова и индекс фаунистического сходства Жаккара. Видовое разнообразие вычисляли по формулам, предложенным Л.А. Животовским [3]. Для оценки состояния популяций анализировали половозрастную структуру, интенсивность вовлечения в размножение и индивидуальную плодовитость. Для оценки стабильности индивидуального развития использовали показатели флуктуирующей асимметрии (ФА) по методике [5]. Проанализировано около 3500 черепов мелких млекопитающих. Поскольку известно, что повышение уровня ФА у животных может быть обусловлено не только антропогенными факторами, но и стрессом на фазе пика численности популяции [4], а также обитанием на периферии ареала [18], для оценки ФА рассмотрены только широко распространённые фоновые виды – красная полевка (*Clethrionomys rutilus* Pallas), полевка-экономка (*Microtus oeconomus* Pallas), средняя (*Sorex caecutiens* Laxmann) и тундряная (*S. tundrensis* Merriam) бурозубки. В ряде случаев дополнительно привлечены данные по узкочерепной (*M. gregalis* Pallas) и красно-серой (*Cl. rufocanus* Sundevall) полевок, лесному леммингу (*Myopus schisticolor* Liljeborg), крупнозубой (*S. daphaenodon* Thomas) и бурой (*S. roboratus* Holister) бурозубкам. Для грызунов и бурозубок величину ФА оценивали по 10 неметрическим признакам черепа, что количественно отражалось частотой асимметричного проявления на особь (ЧАП) [5].

Кроме того, промерено около 60 000 листьев древесных растений, относящихся к 6 видам – берёзы плосколистная (*Betula platyphylla* Sukacz), тощая (*B. exilis* Sukacz.), растопыренная (*B. divaricata* Ledeb.); ольховник кустарниковый (*Duschekia fruticosa* Rupr.), ива корзиночная (*Salix viminalis* L.) и свидина белая (*Swida alba* L.). Показатель ФА растений оценивали по пластическим признакам строения и жилкования листовой пластинки. В каждой точке собирали по 100 листьев (по 10 листьев с 10 растений генеративного возраста). Величину ФА оценивали показателем среднего относительного различия на признак. В основу системы промеров положена схема, разработанная для берёзы повислой [5]. Согласно нашим исследованиям, эта схема и соответствующая балльная шкала полностью подходят для оценки ФА берёзы плосколистной; для остальных видов схема промеров модифицирована [15]. Для оценки загрязнения почвенного покрова проводили биотестирование почв по показателям всхожести и частоте патологий митоза лука-батун (*Allium fistulosum* L.), проанализированы 182 почвенные пробы, свыше 1800 микропрепаратов, свыше 74 500 анателофазных клеток.

При оценке качества среды рассмотрены как биотопы, подверженные косвенному техногенному влиянию, так и участки, подвергшиеся полной трансформации почвенного и растительного покрова. Для унификации исследуемых территорий мы модифицировали классификацию, предложенную К.К. Скрипчинским [11], выделяя три степени антропогенной трансформации биотопов: макроантропогенно трансформированные (с полностью удалённым или уничтоженным почвенным и растительным

покровом), мезоантропогенно трансформированные (с удалённым растительным покровом, нарушенным или загрязнённым почвенным покровом), микроантропогенно трансформированные участки (с ненарушенным почвенным и частично нарушенным или загрязнённым растительным покровом), а также девственные территории.

Зона воздействия горнодобывающей промышленности.

Изменения состава и структуры сообществ мелких млекопитающих. Всего за период исследований нами проанализировано более 150 сообществ разных экологических выделов. Изменения отмечены на большинстве обследованных участков, подверженных прямому или косвенному воздействию предприятий горнодобывающей промышленности. Более подробное сравнение проведено на примере средне-таёжной подзоны Западной Якутии, где можно проследить постепенное изменение населения мелких млекопитающих в ряду: природные ландшафты – окрестности сел – окрестности горнодобывающих предприятий (рис. 1а). Суммарные показатели видового разнообразия и доля редких видов в этом ряду снижаются, причём между природными биотопами и окрестностями промплощадок наблюдаются различия, достигающие статистически значимого уровня; различия с территориями, примыкающими к посёлкам, статистически не достоверны, но отражают общую тенденцию изменения параметров сообщества [2]. При этом в ряду «девственные территории – микро- мезо- и макроантропогенные участки» изменение рассматриваемых параметров происходит нелинейно (рис. 1б). Микроантропогенные трансформации зачастую повышают показатели численности и видового разнообразия сообществ мелких млекопитающих за

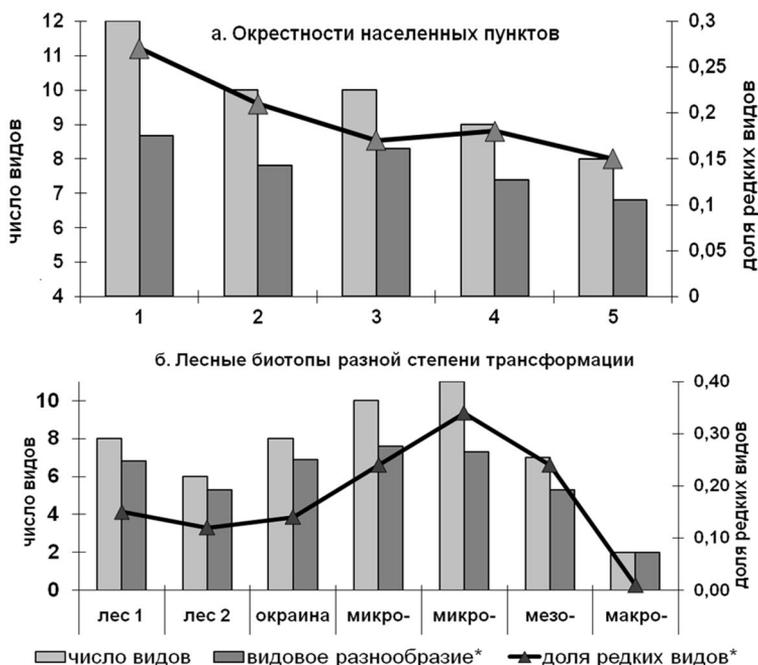


Рис. 1. Изменения показателей видового разнообразия сообществ мелких млекопитающих Западной Якутии в зоне антропогенного воздействия: * – показатели Л.А. Животовского [3]; 1 – зона длительного воздействия предприятия (свыше 40 лет), 2 – зона воздействия нового предприятия (менее 5 лет), 3 – окрестности села, 4–5 – природные биотопы.

счёт того, что слабые техногенные воздействия часто приводят к повышению мозаичности угодий. При усилении воздействия происходит снижение параметров видового разнообразия и численности, всё большую роль начинают играть виды – обитатели открытых пространств, в результате происходит смена состава сообществ. В макроантропогенных биотопах население, как правило, представлено небольшим числом видов, среди которых доминируют обитатели открытых пространств, что для таёжной зоны нехарактерно.

Суммарная численность мелких млекопитающих в мезо- и макроантропогенных местообитаниях существенно ниже, чем в окружающих таёжных ландшафтах, что особенно ярко прослеживается при рассмотрении населения лесных биотопов (рис. 2). Кроме того, население мелких млекопитающих в техногенно трансформированных ландшафтах в период наших исследований отличалось от природных территорий более резкими перепадами численности, существенными различиями в структуре сообщества по годам в пределах каждого биотопа и сменой доминант. Это свидетельствует о неустойчивости сообщества и, как следствие, более высокой уязвимости по отношению к широкому кругу факторов [2, 12].

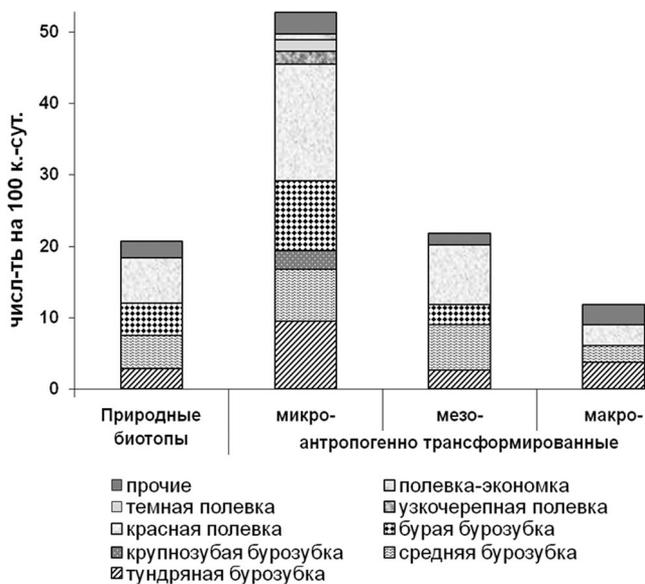


Рис. 2. Численность и видовое разнообразие мелких млекопитающих в лесных биотопах в зоне влияния Мирнинского промышленного узла.

Изменения популяционных параметров. Известно, что демографические параметры популяции чутко реагируют на изменение условий существования; это касается, прежде всего, таких важнейших параметров, как интенсивность воспроизводства и индивидуальная плодовитость [8, 9, 13]. В биотопах, подвергающихся непосредственному техногенному воздействию, популяционные параметры свидетельствуют о напряжённости взаимоотношений организма со средой обитания. В биотопах макроантропогенной трансформации население мелких млекопитающих представлено в основном сеголетками; участие в воспроизводстве, как правило, очень низкое.

По-видимому, здесь население формируется в основном из иммигрантов из более благоприятных местообитаний. В таёжной зоне сходство с природными биотопами по демографическим параметрам отмечено только через 40–50 лет после трансформации, но и тогда численность видов ниже, чем на соседних нетрансформированных участках. Подавление размножения в неблагоприятных условиях макроантропогенно трансформированных участков позволяет сделать вывод о резком нарушении здесь процессов воспроизводства популяции.

Мезоантропогенная трансформация с продолжающимся воздействием приводит к снижению доли перезимовавших животных, особенно самок, и в целом размножающихся животных, это может свидетельствовать об изменении пространственной структуры популяции за счёт перераспределения по территории, т. к. трансформированные участки неохотно используются в качестве стадий размножения. В случае изоляции таких поселений происходит интенсификация воспроизводства, что является косвенным свидетельством повышения смертности – аналогично таковому на северной периферии ареала.

Микроантропогенная трансформация, особенно при воздействии на периферические участки больших лесных массивов, практически не влияет на репродуктивные параметры популяции. Для западных областей некоторые авторы отмечают нарушение демографической структуры видов в зоне антропогенного воздействия, в частности, существенное повышение доли перезимовавших животных, что расценивается как свидетельство повышенной смертности сеголетков при переходе к самостоятельному образу жизни [8]. В наших исследованиях такого резкого нарушения структуры популяции не было отмечено, но при этом необходимо учесть специфику региона исследований. В условиях Севера весенняя численность перезимовавших настолько низка, что основной вклад в воспроизводство вносят прибылые особи; резкое повышение их смертности на отдельных участках сделает невозможным восстановление численности вида за счёт размножения [13].

Повышение плодовитости в условиях Севера является одним из основных механизмов, компенсирующих повышенную смертность, поэтому величина помёта у мелких млекопитающих на территориях, примыкающих к техногенным участкам, как правило, повышена, но здесь, по-видимому, необходимо учитывать сроки воздействия и степень трансформации (рис. 3). При длительных мезоантропогенных воздействиях средняя величина выводка у красной полёвки была статистически значимо выше, чем в естественных биотопах, тогда как в окрестностях нового карьера – фактически не различалась. Причём увеличение числа детёнышей в помёте, как правило, сопровождается повышением частоты нарушений беременности, более ярко выраженной в окрестностях предприятий, функционирующих длительное время [12]. Микроантропогенные воздействия, даже длительные, на плодовитость не влияют.

Таким образом, в зоне техногенного влияния могут отмечаться изменения демографических параметров популяции. В случае слабого опосредованного воздействия характерно снижение доли перезимовавших животных и низкое участие в репродукции прибылых. При интенсивном воздействии на территории локальных поселений наблюдается интенсификация репродукции. В окрестностях более старых предприятий отмечено повышение индивидуальной плодовитости, которое сопровождается повышением смертности эмбрионов.

Показатели нарушения стабильности развития. Исследования показали, что параметр ФА является чутким биоиндикатором, отражающим ухудшение условий су-

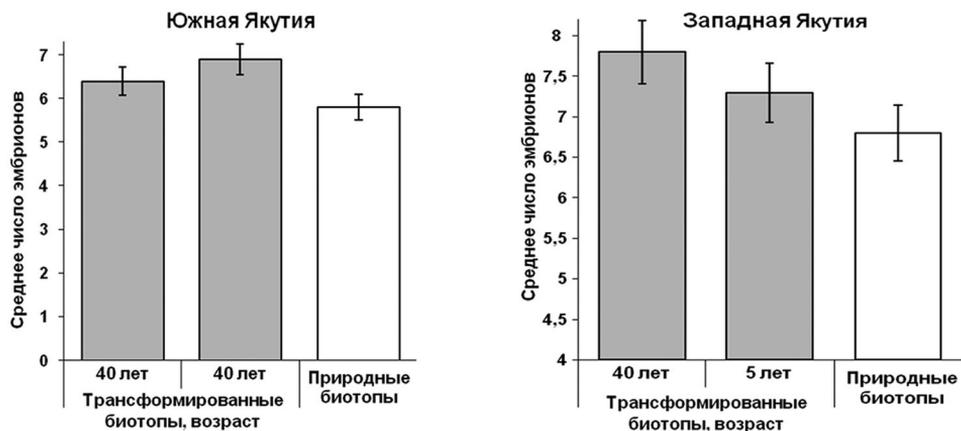


Рис. 3. Величина выводка красной полёвки в природных биотопах и при антропогенном воздействии.

ществования для широкого круга видов. В ряде случаев удаётся отследить изменения ФА в градиенте ухудшения условий среды, например, запыления местности при открытых разработках месторождений (рис. 4). Тем не менее, надо учитывать, что такого рода изменения обнаруживаются отнюдь не всегда, особенно в случаях мультифакторного воздействия.

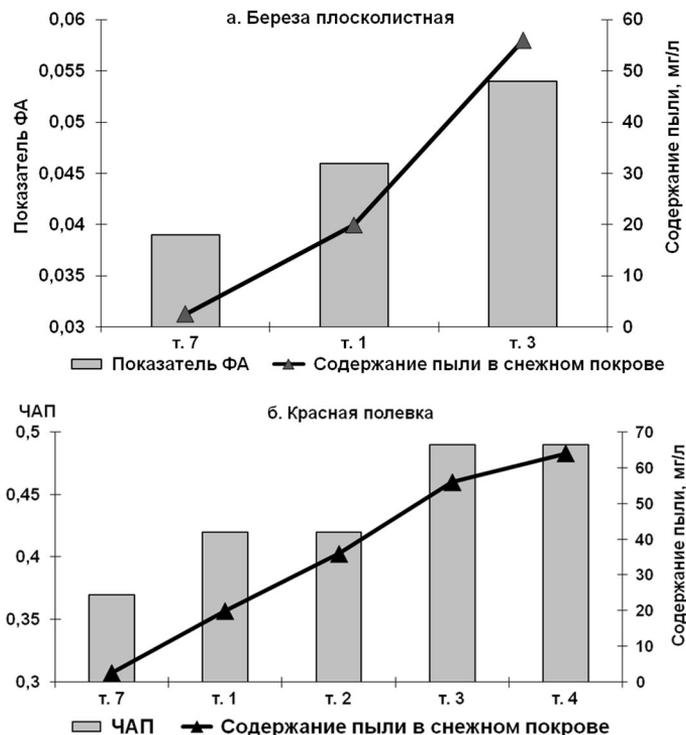


Рис. 4. Изменения показателей ФА растений и животных в градиенте запыления (зона влияния Кангаласского угольного разреза).

Нарушения стабильности развития у мелких млекопитающих отмечены на всех территориях, подверженных той или иной степени трансформации или опосредованного воздействия [15], однако они отнюдь не всегда достигают статистически значимого уровня, что объясняется следующими моментами: с одной стороны, низкая численность мелких млекопитающих на антропогенно трансформированных участках создаёт сложности в сборе репрезентативных выборок, с другой, – из-за подвижности зверьков в период размножения возможно искажение результатов при оценке той или иной территории за счёт наличия возможных мигрантов. Таким образом, биоиндикация на онтогенетическом уровне по показателям ФА мелких млекопитающих затруднена, а если учесть трудовые затраты на сбор материала, то не всегда целесообразна. Ранее проведёнными исследованиями показано, что в зоне антропогенного влияния у растений и животных наблюдается согласованная реакция на ухудшение условий существования [15, 6]. Поэтому для мониторинговых исследований и оценки качества среды на обширных территориях по показателям ФА более рационально использовать древесные растения.

Показатели ФА древесных растений на участках, подверженных техногенному воздействию, как правило, статистически значимо выше, чем в природных биотопах [15]. Опыт наших исследований показал, что этот метод позволяет не только провести биоиндикацию обширной территории [12, 15], но и создать карты качества среды. Единственным препятствием для применения этого метода является отсутствие древесной растительности на макроантропогенно трансформированных участках. В этом случае выходом является биотестирование состояния почвенного покрова; в частности, хорошие результаты даёт оценка качества среды по показателям всхожести и частоты патологий митоза в проростках тест-объектов [10, 14].

Таким образом, в зоне деятельности предприятий горнодобывающей промышленности отмечено нарушение гомеостатических механизмов на разных уровнях организации живой материи – ценотическом, популяционном и организменном.

– На уровне сообщества меняются состав и структура, группа доминант, показатели численности. Эти изменения ярче выражены в условиях северной тайги. При этом снижение показателей численности и видового разнообразия свидетельствует об усилении уязвимости сообществ по мере усиления воздействия.

– На уровне популяции прослеживаются изменения половозрастной структуры и интенсивности воспроизводства. При длительном воздействии повышается репродуктивная активность и индивидуальная плодовитость, что свидетельствует об усилении элиминации в условиях техногенно трансформированной среды. Интенсификация репродукции сопровождается повышением частоты нарушений стабильности развития особей, отражая ухудшение качества среды.

– На организменном уровне отмечается повышение частоты нарушения стабильности развития, что проявляется в повышении уровня ФА.

При оценке качества среды в зоне деятельности горнодобывающей промышленности обширная территория отторжения и многофакторное воздействие диктуют необходимость комплексных исследований, сочетающих эколого-геохимические и биоиндикационные подходы.

Ценотический уровень диагностирует микро- и макроантропогенные изменения. Масштаб изменений зависит от длительности воздействия, уровня загрязнения, природной зональности.

Популяционный уровень хорошо диагностирует длительные воздействия мезо- и макроантропогенного масштаба.

Онтогенетический уровень: показатели нарушения стабильности развития являются наиболее чувствительными индикаторами, позволяют обнаружить даже слабые воздействия, но при макроантропогенных трансформациях возможны трудности в подборе биоиндикаторов.

Цитогенетический уровень также диагностирует все уровни воздействия, но надо учесть, что возможна видовоспецифическая реакция тест-объектов на разные загрязнители.

Биоиндикационная оценка качества среды урбанизированных территорий.

Для селитебных территорий в целом характерно одновременное действие множества экологических факторов, и только использование методов биоиндикации позволяет оценить суммарное негативное воздействие на организм и экосистему. Нами обследована территория трёх городов на территории Якутии с разной численностью и структурой населения. Город Якутск является административным центром Республики Саха (Якутия), расположен в долине Средней Лены. Основными источниками загрязнения являются автотранспорт, теплоэнергетика, строительная индустрия; население более 300 тыс. человек. Город Мирный находится на территории Западной Якутии, население около 40 тыс. человек; это центр алмазодобывающей промышленности, его территория включает жилые районы, а также промышленную зону Мирнинского горно-обогатительного комбината. Вплотную к территории города подходят участки горных разработок, в том числе отвалы пустых пород. Город Алдан является административным центром Алданского района (Южная Якутия) – старейшего в Якутии региона золотодобычи; население около 27 тыс. человек; непосредственно на территории города крупные промышленные предприятия отсутствуют. Он расположен южнее двух первых, и в силу специфики региона характеризуется достаточно сложным геохимическим фоном.

При оценке качества городской среды и селитебных территорий в силу специфики воздействия наиболее удобными тест-объектами являются растения, а наиболее приемлемы онтогенетический и цитогенетический подходы. Популяционный подход возможен для растений при оценке жизненного состояния, семенной продуктивности, всхожести семян.

На территории г. Якутска отмечен значительный разброс значений показателя ФА берёзы плосколистной – от 0,043 до 0,057, а усреднённые показатели варьировали от 0,048 до 0,051, что может зависеть как от антропогенного воздействия, так и от погодных условий. При этом в целом для всех лет исследования на территории города они были неизменно выше, чем в рекреационной зоне. Поскольку основным источником загрязнения на территории Якутска является автотранспорт, проведён анализ зависимости стабильности развития берёзы плосколистной от интенсивности движения автотранспорта на примере 12 точек в черте города. Транспортная нагрузка в указанный период варьировала в пределах от 600 до 1900 автомашин в час. Выявлена статистически значимая корреляционная зависимость между показателем ФА и транспортной нагрузкой (коэффициент корреляции Спирмена 0,76, $p < 0,01$) [16], а также от близости к проезжей части улиц (рис. 5).

Анализ показателей ФА берёзы плосколистной на территории г. Мирный и в его окрестностях также выявил существенные различия в величине интегрального показателя между разными точками. Величина 0,044, характерная для контрольной точки, является свидетельством достаточно благоприятных условий существования, тогда как в биотопах, затронутых техногенным воздействием, наблюдается повышение этого показателя

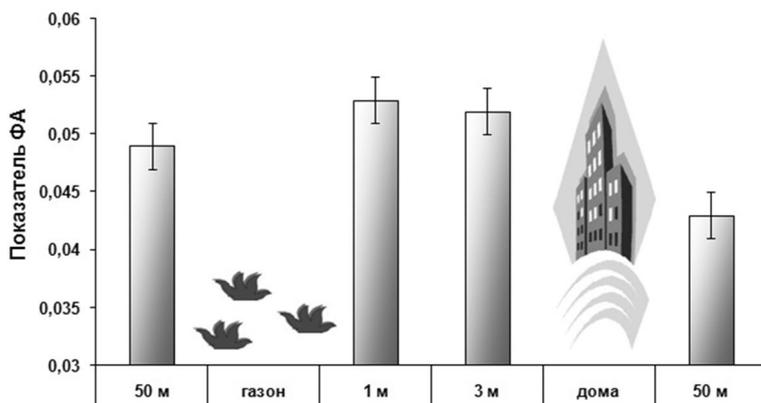


Рис. 5. Зависимость показателя ФА берёзы плосколистной от близости к проезжей части улиц на территории г. Якутска.

теля. Наиболее значительные нарушения стабильности развития отмечены у берёз, подвергающихся непосредственному химическому и пылевому воздействию на территории промышленных объектов, многие из них угнетены, а величина интегрального показателя составляет 0,048–0,054. Наиболее сильно выраженной асимметрией характеризуются листья берёз, растущих вдоль дороги на территории карьера, этот показатель статистически значимо выше, чем на контрольной территории (по критерию Стьюдента $p < 0,001$).

При комплексной оценке качества среды на территории г. Мирный по совокупности биоиндикационных показателей нами было выявлено, что качество среды в пределах города ухудшается от центра к периферии, что в целом нехарактерно для урбанизированных территорий [16]. Анализ эколого-геохимических данных показал, что основным путём, которым происходит загрязнение городской территории, является атмосфера, причём в данном случае автомобильные выбросы не играют определяющей роли. Судя по составу и характеру распределения микроэлементов в пределах жилой зоны, основной вклад в загрязнение вносят территории, нарушенные в процессе добычи алмазов – это отвалы пустых пород и хвостохранилища [1].

Для территории г. Алдана в целом характерны относительно высокие показатели ФА (0,046–0,061), соответствующие III–V баллам качества среды по шкале [5], что свидетельствует о её неблагоприятном состоянии. Ранее уже высказывалось мнение, что высокие показатели ФА на территории Алданского района могут быть связаны с длительным антропогенным воздействием, в частности, золотодобывающей промышленностью, относительно высоким радиационным фоном, местной геохимической спецификой территории [15]. Относительно низкие показатели ФА характерны для южной и юго-западной частей города, которые характеризуются высокой степенью озеленения и примыкают к ненарушенному лесному массиву. Для территории г. Алдан не выявлено чёткой зависимости от автотранспортной нагрузки, наиболее значительное повышение показателя ФА берёзы плосколистной отмечено вдоль федеральной автотрассы и в непосредственной близости от проезжей части улиц с гравийным покрытием, причём выявлена зависимость показателя ФА от загрязнения взвешенными веществами, т. е. пылью [17].

На основании полученных данных нами составлены карты здоровья среды территории трёх городов (рис. 6). Как видно, для территории Якутска загрязнение распространяется от центра города к окраинам, что связано с интенсивностью движения

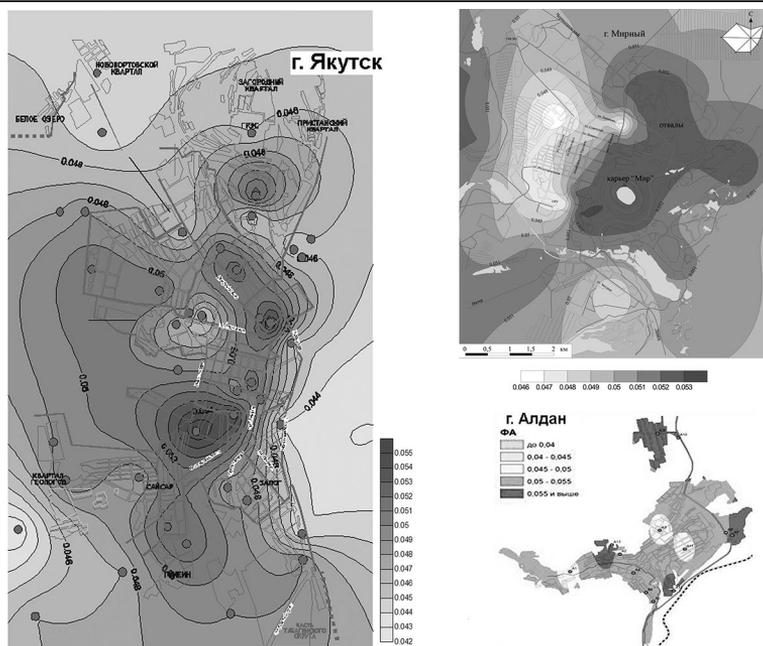


Рис. 6. Карты «здоровья» среды трёх северных городов (см. цв. фото на 2 с. обложки).

автотранспорта; на территории г. Мирный – наоборот, от промышленных окраин к центру города; на территории г. Алдан четкой закономерности распределения загрязнения не выявлено.

Влияние ионизирующей радиации. Обследованы территории с хронически повышенным радиационным фоном (ХПРФ) и фоновые участки на территории Южной и Западной Якутии. В первом случае это территория уран-ториевого месторождения, на которой в 50-х годах проводились геологоразведочные работы, и большое количество радиоактивной породы, содержащейся в отвалах, до сих пор находится на поверхности, создавая ХПРФ от 20 до 1000 мкР/ч. Во втором случае исследования проводились в районе двух подземных ядерных взрывов (ПЯВ), сопровождавшихся аварийными выбросами; уровень радиационного фона варьирует в пределах 40–190 мкР/ч. Оценка стабильности развития проводилась с применением трёх видов биоиндикаторов – красной полёвки, берёзы тощей и ольховника кустарникового (рис. 7).

Для ольховника кустарникового удалось оценить показатель ФА при значительных колебаниях ХПРФ (рис. 7а), различия с контрольным биотопом достигали статистически значимого уровня ХПРФ, начиная с 300 мкР/ч. Отмечена положительная корреляционная зависимость показателя ФА от уровня радиационного фона (коэффициент корреляции Спирмена 0,90, $p < 0,05$). У берёзы тощей (рис. 7б) статистически значимые различия с контролем отмечены только для уровня свыше 180 мкР/ч. (по критерию Стьюдента $p < 0,05$). Для красной полёвки статистически значимых различий не отмечено, но повышение частоты асимметричных проявлений при повышении уровня радиации можно отметить на уровне тенденции (рис. 7в).

Повышение показателей нарушения стабильности развития растений и животных свидетельствует о том, что в условиях ХПРФ наблюдается ухудшение условий су-

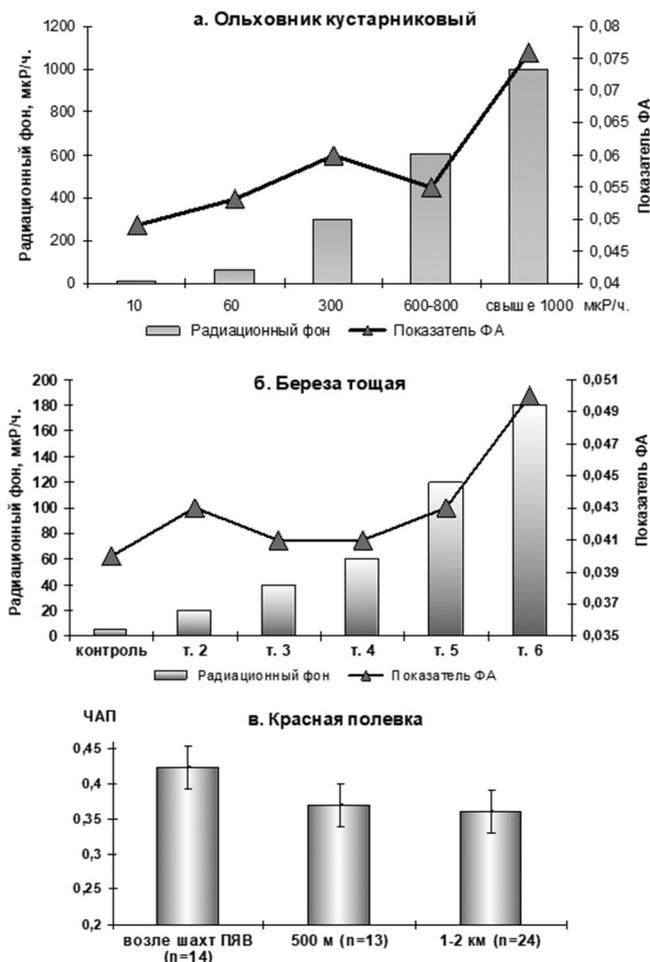


Рис. 7. Нарушения стабильности развития растений и животных в условиях антропогенно повышенного радиационного фона.

ществования для растений и животных, что проявляется в повышении уровня ФА. В целом отмечена положительная зависимость величины показателей ФА от радиационного загрязнения. При этом для двух видов растений наблюдается тенденция повышения показателя ФА в градиенте загрязнителя, существенно различающаяся по радиационному фону: у берёзы тощей в северотаёжной подзоне пороговой величиной, приводящей к резкому повышению уровня ФА, при среднем фоне около 180 мкР/ч., тогда как в более благоприятных условиях Южной Якутии у ольховника кустарникового значимые различия с контролем отмечены при 300 мкР/ч. и выше. У обоих видов зависимость нелинейная: отмечено некоторое снижение уровня ФА при предпороговых значениях радиационного фона.

Заключение. Исследования, проведённые нами в течение 20 лет на территории Якутии, доказали практическую ценность, высокую чувствительность и универсальность метода оценки качества среды по показателям нарушения стабильности развития. Указанный метод позволяет провести экспресс-анализ интегрального состояния

конкретного участка даже при многофакторном воздействии, когда это затруднено с помощью приборной базы, а его применение ограничивает только отсутствие организмов на обследуемой территории.

Анализ величины показателей ФА позволяет дать оценку качества среды и сравнить состояние территорий, находящихся в разных природно-климатических условиях, сопоставление которых затруднено из-за многокомпонентных, неодинаковых по силе и разных по генезису антропогенных воздействий, а также из-за различия экосистемных показателей.

Сравнение результатов применения разных биоиндикационных подходов, таких как биоценотические (показатели биоразнообразия, состава и структуры сообществ) и популяционные (демографическая структура популяций и интенсивность репродукции) с методом оценки среды по показателям ФА, продемонстрировал высокую чувствительность последнего. Безусловно, идеальным вариантом является совмещение оценки состояния среды по показателям ФА с эколого-геохимическими исследованиями, а также с другими методами биоиндикации или биотестирования, но даже без последних анализ ситуации с применением показателей ФА даёт в практическом плане достоверные сведения о состоянии окружающей среды.

Благодарности.

Авторы выражают благодарность коллегам к.б.н. В.А. Данилову, к.б.н. В.Ю. Солдатовой, к.б.н. Е.Н. Луцкан, к.б.н. Т.М. Пудовой, к.б.н. Д.Я. Шадрину, к.б.н. М.М. Сидорову, а также студентам и аспирантам Н.Н. Алексеевой, Я.Р. Капитоновой, Н.М. Михайловой, Н.Н. Осинцевой, С.В. Петровой, С.И. Фёдоровой, принимавшим участие в сборе и обработке материала для данного исследования.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Вольперт Я.Л., Легостаева Я.Б., Поисеева С.И.* Интегральная оценка качества окружающей среды на территории г. Мирного (Якутия) // Экология фундаментальная и прикладная. Проблемы урбанизации. Матер. Межд. научно-практ. конф., Екатеринбург, 3–4 февраля 2005 г. Екатеринбург, 2005. С. 78–80.
2. *Вольперт Я.Л., Шадрин Е.Г.* Влияние техногенной трансформации таёжных ландшафтов на сообщества мелких млекопитающих Западной Якутии // Проблемы региональной экологии. 2010. № 4. С. 153–157.
3. *Животовский Л.А.* Показатель внутривидового разнообразия // ЖОБ. 1980. Т. 41, № 6. С. 828–836.
4. *Захаров В.М.* Асимметрия животных. М.: Наука, 1987. 216 с.
5. *Захаров В.М., Баранов А.С., Борисов В.И. и др.* Здоровье среды: методика оценки. М.: Центр экологической политики России, 2000. 66 с.
6. *Захаров В.М., Чубинишвили А.Т., Дмитриев С.Г. и др.* Здоровье среды: практика оценки. М.: Центр экологической политики России, 2000. 318 с.
7. *Кучерук В.В.* Новое в методике количественного учёта вредных грызунов и землероек // Организация и методы учёта птиц и вредных грызунов. М., 1963. С. 159–183.
8. *Лукьянова Л.Е., Лукьянов О.А.* Реакция сообществ и популяций мелких млекопитающих на техногенные воздействия. II. Популяции // Успехи современной биологии. 1998. Вып. 6. С. 693–706.
9. *Окулова Н.М., Бернштейн А.Д.* Доля размножающихся среди самок-сеголеток – гибкий демографический параметр у лесных полёвок // Экология популяций: структура и динамика. Матер. Всерос. совещ. Ч. 2. М., 1995. С. 667–677.

10. Пудова Т.М. Влияние антропогенных факторов на мутагенную активность почв на примере Центральной и Западной Якутии. Автореф. дис. канд. биол. наук. Якутск, 2011. 20 с.
11. Скрипчинский К.К. Биогеографические аспекты географического прогнозирования // Природа и человек. Владивосток, 1973. С. 171–177.
12. Шадрина Е.Г., Вольперт Я.Л. Нарушения стабильности развития организма как результат пессимизации среды при техногенной трансформации природных ландшафтов // Онтогенез. 2014. Т. 45, № 3. С. 151–161.
13. Шадрина Е.Г., Вольперт Я.Л. Реакция популяций мелких млекопитающих на стрессирующие воздействия природного и антропогенного происхождения // Наука и образование. 2004. № 2. С. 38–46.
14. Шадрина Е.Г., Вольперт Я.Л., Алексеева Н.Н., Данилов В.А., Пудова Т.М. Биоиндикационная оценка изменения качества окружающей среды в результате воздействия алмазодобывающих предприятий // Горный журнал. 2012. № 2. С. 84–87.
15. Шадрина Е.Г., Вольперт Я.Л., Данилов В.А., Шадрин Д.Я. Биоиндикация воздействия горнодобывающей промышленности на наземные экосистемы Севера (морфогенетический подход). Новосибирск: Наука. Сиб. отд., 2003. 110 с.
16. Шадрина Е.Г., Вольперт Я.Л., Солдатова В.Ю., Алексеева Н.Н. Сравнительный анализ качества среды административного и промышленного центров на территории Якутии по показателю флуктуирующей асимметрии берёзы плосколистной // Проблемы региональной экологии. 2016. № 4. С. 86–91.
17. Шадрина Е.Г., Луцкан Е.Н. Влияние транспортной нагрузки и атмосферного загрязнения на показатель флуктуирующей асимметрии берёзы плосколистной на территории Алданского района Республики Саха (Якутия) // Наука и образование. 2016. №1. С.121–126.
18. Shadrina E., Volpert Ya. Fluctuating Asymmetry of Craniological Features of Small Mammals as a Reflection of Heterogeneity of Natural Populations // Symmetry 2016, 8, 142 (<http://www.mdpi.com/2073-8994/8/12/142/html>). DOI:10.3390/sym8120142.

REFERENCES

1. Shadrina E.G., Volpert Ya.L., Alekseeva N.N., Shadrin D.Ya., Danilov V.A., Stepanova T.M. Bioindicational Estimation of Environment Quality Changing as a Result of the Influence of Diamond Mining Companies. Gornyi Zhurnal. 2, 84–87 (2012) (in Russian).
2. Vol'pert Ya.L., Legostaeva Ya.B., Poiseeva S.I., Portnyagina T.M., Petrova S.V., Makarov V.S., Shadrina E.G., Shchelchkova M.V. Integrated Assessment of Environmental Quality on the Territory of Mirny City (Yakutia). Basic and applied ecology. Problemy urbanizacii. P. 78–80 (Yekaterinburg, 2005) (in Russian).
3. Zhivotovsky L.A. Measuring Intrapopulation Diversity. Biology Bulletin Reviews. 41 (6), 828–836 (1980) (in Russian).
4. Zakharov V.M. Asymmetry in Animals. 216 p. (Moscow: Nauka, 1987) (in Russian).
5. Zakharov V.M., Baranov A.S., Borisov V.I., Valetsky A.V., Kryazheva N.G., Chistyakova E.K., Chubinishvili A.T. Environmental Fitness: Methods of Assessment. 68 p. (Moscow: Center for the environmental policy of Russia, 2000) (in Russian).
6. Zakharov V.M., Chubinishvili A.T., Dmitriev S.G., Baranov A.S., Borisov V.I., Valetsky A.V., Krysanov E.U., Kryazheva N.G., Pronin A.V., Chistyakova E.K. Environmental Fitness: Practice of Assessment. 318 p. (Moscow, Center for the environmental policy of Russia, 2000) (in Russian).
7. Kucheruk V.V. New Methods for Censusing Pest Rodents and Shrews. Organization and methods of accounting of birds and pest rodents. P. 159–183 (Moscow, 1963) (in Russian).

8. Lukyanova L.E. and Lukyanov O.A. Response of Communities and Populations of Small Mammals to Anthropogenic Impacts. II. Population. *Uspekhi Sovremennoi Biologii*. **6**, 693–706 (1998) (in Russian).
9. Okulova N.M., Bernstein A.D. The Proportion of Breeding Females Among Juveniles is a Flexible Demographic Parameter in Wild Voles. *Ecology of populations: structure and dynamics*. V. 2. P. 667–677 (Moscow, 1995) (in Russian).
10. Pudova T.M. *Influence of Anthropogenic Factors on Mutagenic Activity of Soils by the example of Central and Western Yakutia*. Avtoref. Diss. Kand.biol.nauk. 20 p. (Yakutsk, 2011) (in Russian).
11. Skripchinskii K.K. Biogeographical Aspects of Geographical Prediction. *Priroda i chelovek [Nature and Man]*. P. 171–177 (Vladivostok, 1973) (in Russian).
12. Shadrina E.G., Vol’pert Ya.L. Developmental Instability of the Organism as a Result of Pessimization of Environment under Anthropogenic Transformation of Natural Landscapes. *Ontogenez*. **45** (3), 117–126 (2014) (in Russian).
13. Shadrina E.G., Volpert Ya.L. Response of Small Mammal Populations to Natural and Anthropogenic Stress-Causing Impacts. *Nauka i Obrazovanie*. **2**, 38–46 (2004) (in Russian).
14. Shadrina E.G., Volpert Ya.L., Alekseeva N.N., Shadrin D.Ya., Danilov V.A., Stepanova T.M. Bioindicational Estimation of Environment Quality Changing as a Result of the Influence of Diamond Mining Companies. *Gornyi Zhurnal*. **2**, 84–87 (2012) (in Russian).
15. Shadrina E.G., Vol’pert Ya.L., Danilov V.A. & Shadrin D.Ya. *Bioindication of Mining Industry Impact on Terrestrial Ecosystems of the North (Morphogenetic Approach)*. 110 p. (Novosibirsk: Nauka, 2003) (in Russian).
16. Shadrina E.G., Vol’pert Ya.L., Soldatova V.Yu., Alekseeva N.N. Comparative Analysis of Environmental Quality in an Administrative Center and an Industrial Center in the Territory of Yakutia by the Level of Fluctuating Asymmetry of the Japanese White Birch. *Problemy regional’noj ekologii*. **4**, 86–91 (2011) (in Russian).
17. Shadrina E.G. Lutskan E.N. Influence of Traffic Load and Air Pollution on Fluctuating Asymmetry Level in the Japanese White Birch in the Territory of the Aldan Raion of the Sakha (Yakutia) Republic. *Nauka i Obrazovanie*. **1**, 121–126 (2016) (in Russian).
18. Shadrina E., Volpert Ya. *Fluctuating Asymmetry of Craniological Features of Small Mammals as a Reflection of Heterogeneity of Natural Populations*. *Symmetry 2016* (<http://www.mdpi.com/2073-8994/8/12/142/html>). DOI:10.3390/sym8120142.

МУЗЕЙНАЯ ПЕДАГОГИКА

УДК 551.263:372.8

ОСОБЕННОСТИ ПРЕПОДАВАНИЯ КУРСА «ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ФОРМАЦИИ» В ХАРЬКОВСКОМ НАЦИОНАЛЬНОМ УНИВЕРСИТЕТЕ

А.А. Ковалёв, С.В. Горяйнов¹

Излагаются необходимые дополнения и уточнения к учебному курсу «Геологические формации», которые накопились в геологических науках за последние десятилетия, но пока не вошли в учебники. Курс дополнен общетеоретическим разделом для показа места геологических формаций в общей системе геологических тел – от минералов до планеты. Показаны сложности в выделении формаций и сложившиеся методологические подходы к их выделению. Тела формаций обладают составом, структурой и формой, и по этим признакам производится их деление на генетические классы. Описание каждого формационного класса сопровождается характеристикой механизмов его формирования. Для магматических формаций изложена теория магматической дифференциации Е.В. Шаркова. Для метаморфического класса показано единство динамометаморфических и регионально-метаморфических формаций. Для хемогенно-метасоматических формаций показана система взаимосвязей экзогенных и эндогенных метасоматитов. Для слоистых формаций приведена характеристика их латерального расположения от высокогорных до глубоководных условий. Для органогенных формаций приведены характеристики различных типов органогенных построек и их отношений с вмещающими породами. Курс завершается практической работой по выявлению полного набора и хронологической последовательности образования формаций всех типов на учебных геологических картах. Отмечается важность использования учебных тематических коллекций, которые могли бы формироваться в специальных геологических кабинетах или вузовских геологических музеях.

Ключевые слова: иерархия природных тел, геологические формации, генезис формаций, формационный анализ, методика преподавания.

¹ Ковалёв Александр Александрович – д.г.-м.н., гл.н.с. Музея землеведения МГУ; Горяйнов Сергей Владимирович – к.г.-м.н., доцент факультета геологии, географии, рекреации и туризма Харьковского национального университета им. В.Н. Каразина, gorjajnov@mail.ru.

THE METHODOLOGY OF TEACHING THE COURSE 'GEOLOGICAL FORMATIONS' IN KHARKIV NATIONAL UNIVERSITY

A.A. Kovalev¹, Dr.Sci. (Geol.), S.V. Goryajnov², PhD

¹Lomonosov Moscow State University (Earth Science Museum),

²Karazin Kharkiv National University (The Faculty of Geology, Geography, Recreation and Tourism) Ukraine, Kharkiv

The article outlines the necessary additions and clarifications to the training course 'Geological Formations', which have been accumulated in geological sciences over the past decades, but have not yet been included in the textbooks. According to the article, the course is supplemented by a general theoretical section to demonstrate the place of geological formations as special natural bodies in the general system of geological bodies ranging from minerals to the planet. The article goes on to say that formations occupy a place of a special rank of geological bodies located between rock bodies and planetary shells and segments. The selection of formations is reduced to a grouping of rock bodies. For this purpose, certain methodological approaches have been developed. Formation bodies are isolated as paragenesis of rock bodies, formed during a special geological process and connected by a single geological structure. This determines their genetic class. The authors selected igneous, metamorphic, chemogenic and metasomatic, terrigenous (layered) and organogenic classes of formations. The description of each formation class is accompanied by the characteristics of its formation mechanisms. This is necessary because numerous mechanisms of geological processes in textbooks express outdated views.

Magmatic formations are followed by the theory of magmatic differentiation by E.V. Sharkov. The authors show the connection between the form of bodies of magmatic constructions and the presence or absence of their differentiation. The description of the metamorphic class is accompanied by the demonstration of the unity of dynamometamorphic and regional-metamorphic formations. The section also includes the explanation of their wide distribution. The part on chemogenic and metasomatic formations is supplemented by the information on the system of interrelations of exogenous and endogenous metasomatites within the underground branch of water circulation in nature. The description of layered formations contains the characteristic of their lateral location from high-altitude to deep-sea conditions within a single sedimentary cover of the Earth. The section on organogenic formations is followed by the characteristics of different types of organogenic constructions and their relations with host rocks. The course ends with a practical work on identification of the complete set of formation of all types and their chronological sequence on an educational geological map (different for each student). The authors come to the conclusion that it is especially important to use educational thematic collections which could be formed in special geological rooms or geological museums in universities.

Keywords: *hierarchy of natural bodies, geological formations, formation genesis, formation analysis, teaching methodology.*

Введение. Тектоническое районирование территорий и проведение на его основе геодинамического анализа с восстановлением тех палеогеодинамических обстановок, через которые прошла в своём развитии та или иная территория, основывается на формационном анализе [5, 6, 9]. С геологическими формациями как геологическими телами особого ранга студенты знакомятся в курсе «Геологические формации». Этот курс продолжает ряд дисциплин: «Минералогия», «Петрография» и «Литология», посвящённых изучению более простых геологических тел – минеральных индивидов и породных тел. Этот курс предвещает понимание более сложных геологических объектов, которые рассматриваются в курсах «Геотектоника», «Месторождения полезных

ископаемых», «Структуры рудных полей и месторождений», «Основы металлогении». Теоретической основой курса является теория иерархического строения геологических тел С.В. Горяйнова [2].

Анализ имеющихся многочисленных учебников и учебных пособий по данному предмету с позиций этой теории показал следующее.

1. Есть разделы, которые присутствуют во всех учебниках, и которые достаточно полно проработаны в методическом и научном отношении (например, о терригенных формациях).

2. Есть разделы учения о формациях, недостаточно полно освещённые в учебниках, или освещённых с искажениями (например, разделы о метасоматических и хемогенных формациях, о мигматитах, об органогенных формациях).

3. Есть разделы, полностью отсутствующие во многих учебниках (например, разделы о метаморфических формациях как особеном классе).

Кроме того, разделы сгруппированы иногда таким образом, что это разрушает единство целостных в геологическом отношении объектов. Например, хемогенные образования диагенеза описаны в отрыве от других хемогенных образований, а хемогенные в целом, в свою очередь, – в отрыве от метасоматических. Плутоногенные метасоматиты частично описаны вместе с магматическими формациями, контактовые изменения отнесены к метаморфическим, а раздел о тектоногенных метасоматитах вообще отсутствует.

В то же время специальная литература, посвящённая данному предмету, весьма многочисленна и охватывает все аспекты учения о формациях. Но это не учебники. Поэтому даже простое изложение этого предмета требует от преподавателя знакомства с широким спектром специальной литературы.

Преподавание курса разделено на несколько разделов – один общий (теоретический и методологический) и пять специальных. Специальные разделы посвящены характеристике отдельных структурно-генетических типов формационных залежей: магматических, метаморфических, хемогенно-метасоматических, терригенных и органогенных. Завершается курс практическими занятиями по выделению геологических формаций.

Общетеоретический раздел. Курс начинается с рассмотрения понятий о геологических границах и ограниченных ими телах. В основе лежат достижения новосибирской академической школы, а также акад. Ю.А. Косыгина в области теоретической геологии. Продолжение этих работ привело к построению иерархии геологических тел [2]. Поэтому курс продолжается обзором иерархии геологических тел различного генезиса. Это сделано для показа системного места геологических формаций в общей системе геологических тел. Показывается, что формации складываются из породных тел. Им в литературе соответствует понятие «фация», поскольку в структуре и текстуре породы как раз и «записан» ее генезис, который может быть расшифрован. Все это занимает 2 пары.

Дальнейшее изложение курса имеет историко-методологическое содержание. Рассмотрены подходы к выделению формаций, которые сложились исторически на сегодняшний день – историко-генетический, стратиграфический, парагенетический (структурно-вещественный), а также подразделения в рамках данных подходов (фациальный, тектонический, целевой, агенетический, иерархический и пр.) [15, 18]. Это связано с тем, что каждый исследователь сталкивается со сложностями при изучении любой формации:

1) если она ещё только формируется – то она может наблюдаться, но в это время она не завершена и потому ещё не полна по составу;

2) если она полностью сформирована – то она не видна полностью, т.к. нижние части ее закрыты верхними;

3) если она обнажена, то, значит, эрозия уже часть формации уничтожила; при этом уничтожение части формации возможно и в недрах, до её обнажения на поверхности эндогенными процессами.

Таким образом, нет одновременного сочетания признаков «наблюдаемость», «завершённость» и «сохранность». В лучшем случае в наличии два признака из трёх, а то и меньше. При изучении минеральных индивидов или породных тел с такими сложностями исследователь обычно не сталкивается. Кроме того, «по частям» формацию можно и не понять – многие горные породы являются общими для разных формаций. Выделение формаций, таким образом, сводится к группированию наблюдаемых породных тел [15, 18 и мн. др.] – что включать в состав формации, а что исключать из него. Поэтому в данном разделе речь идёт именно о сложившихся подходах к выделению формаций, их особенностях, внутренних течениях, достижениях и недостатках. Этим обосновывается, почему в дальнейшем используется структурно-вещественный, а не историко-генетический подход.

После этого в курсе излагаются основы строения формационных тел каждого структурного (одновременно и генетического) класса – магматических, метаморфических, хемогенно-метасоматических, терригенных и органогенных. Поскольку речь идёт о телах формаций («формационных залежах» в понимании В.И. Попова), постольку каждая из них описывается в аспектах *состава, структуры и формы*. По мере необходимости описание формационного класса предваряется краткой характеристикой механизмов его формирования. Эта необходимость продиктована тем, что о многих механизмах геологических процессов в учебниках закреплены устаревшие, неполные представления. Эти заблуждения десятки лет назад разрешены в мировой геологии, решения эти опубликованы в специальной литературе, но до учебников, как правило, не дошли.

Раздел о магматических формациях и образуемых ими телах. Это, пожалуй, самый научно упорядоченный раздел благодаря тому, что в нём сформированы полноценные научные теории с законами кристаллизационной дифференциации [17]. И сами механизмы магматизма давно смоделированы, изучены и используются в промышленности (в частности, в металлургии). Во многом изложение раздела базируется на знаниях студентами физики, физической химии и петрографии магматических пород.

В разделе кратко излагается теория магматической дифференциации Е.В. Шаркова. Особое внимание уделяется механизмам возникновения магматической расчленённости, ликвационным процессам и формированию жильных серий. Показывается структура расчленённой интрузии как общая модель. На этом фоне излагается пространственное расположение различных магматических пород (*состав* формации) и возможные их наборы в зависимости от состава исходного расплава.

Далее изложение переходит к *формам* вулcano-плутонических построек. Показывается зависимость этих форм от состава расплава и плотности вмещающих пород. Особое внимание уделяется полиморфным модификациям структуры и состава интрузии в зависимости от её формы. Особо излагаются данные о строении вулканического (поверхностного и/или приповерхностного) продолжения вулcano-плутонической постройки.

В заключение приводится классификация наиболее распространённых магматических формаций.

Раздел о метаморфических формациях и образуемых ими телах. Этот раздел является примером использования противоречивых и искажённых представлений о

механизмах метаморфизма. Поэтому методика преподавания рассматривается более подробно.

Парадоксально, что правильные представления о метаморфизме, сформированные в XIX в. [3], были забыты или искажены в XX в. Благодаря более детальному, минералого-петрографическому подходу к изучению метаморфитов [14 и др.]. К тому же в рамках фиксистской тектонической парадигмы того времени к метаморфитам подходили как к глубоко изменённым породам осадочного чехла, в которых сохранены первичные слоевые соотношения. Углублённое (до изотопов химических элементов) изучение состава метаморфических пород упустило из виду изучение структур и текстур пород, их пространственных ориентировок, форм тел метаморфитов и различных зональностей метаморфических формаций. Возврат к полноте и комплексности их изучения произошёл только в 80-90-х гг. XX в. [4 и др.], но распад СССР помешал дальнейшему проведению исследований.

При изложении материала, прежде всего, следует обратить внимание на механизмы метаморфизма. Обычно считается, что причинами метаморфизма являются повышенные температуры и давления, в которые попадают исходные породы. Это, несомненно, правильно, но в учебниках обычно не уточняют, что это за температуры и что за давления. «По умолчанию» считается, что это – литостатические давления и температуры геотермического градиента.

Глубокое бурение в осадочных чехлах последней трети XX в. показало, что в условиях литостатической нагрузки метаморфизм не происходит, несмотря на то, что и температуры, и давления на глубине уже вполне «метаморфические». Оказалось, что для возникновения метаморфических преобразований необходимы стрессовые нагрузки, неравномерные по направлениям. Это приводит к следующим результатам [16]:

- возникает деформация породной среды и как следствие – твердотельный поток вещества в определённом направлении;
- направление потока «записывается» в породах в виде борозд скольжения и/или минеральной линейности;
- твердотельный поток приводит к механохимической активации среды, что сопровождается массовыми химическими реакциями с образованием новых минеральных фаз (собственно метаморфических минералов).

Этими реакциями занимается наука механохимия, история которой насчитывает уже более 100 лет. О ее достижениях и даже о ее существовании многим метаморфистам ничего не известно. Поэтому в курсе приводятся несколько примеров таких достижений.

Примечательно, что первоначально (ещё в 30-х гг. XIX в.) под метаморфизмом понимались именно дислокационные процессы, о чем свидетельствует сам термин [3]. «Метаморфизм» (с греческого) и «деформация» (с латыни) на русский язык переводятся одинаково – «изменение формы».

Изложение раздела начинается с повторения материала, известного студентам из курса физики – изменения характера деформаций и разрушения твёрдых тел в зависимости от температуры («одно и то же вещество при разных температурах – это совершенно разные материалы»). По этому признаку условно выделяются хрупкие, вязкие и пластические деформации.

Далее эти данные переносятся в реальную геологическую среду. Показывается, что одна и та же деформация земной коры приводит к разным следствиям на разных

глубинах. Это является основой общей вертикальной зональности метаморфической формации: от милонитов вверху до гнейсов в нижних горизонтах [4, 16]. Объясняется, почему порошковатые милониты нестабильны в условиях повышенных температур, и указывается на наличие их реликтов в гнейсах и сланцах. Таким образом, студенты подводят к выводу, известному геологам ещё в XIX в.: региональный метаморфизм является *региональным* по характеру распространения, но *дислокационным* – по механизму формирования ([3], А.В. Лукьянов, 1990, и др.). Дислокации эти связаны исключительно со столкновениями (коллизиями) континентальных и/или островодужных сегментов земной коры, что не учитывалось ранее.

Следовательно, метаморфизм (в силу механизма формирования) не может быть изохимическим процессом. Он приводит к перемешиванию исходных веществ не только в микро-, но даже и в макрообъёмах, что сопровождается широко («регионально») развитыми метаморфическими меланжами. Поэтому «реконструкции исходного субстрата метаморфических толщ» по химизму пород не являются ни корректными, ни нужными.

Объясняется, почему размеры метаморфических формационных залежей весьма велики (равны объёму складчатой области). Метаморфизм для стороннего наблюдателя проявляется как землетрясения. Землетрясения – это высвобождение энергии упругой деформации, «запасённой» в породном массиве. Такой «запас» для твёрдого тела ограничен, и при его превышении тело разрушается. Поэтому сильное землетрясение отличается от слабого объёмом разрушаемых пород. Приводятся расчёты объёма очага землетрясения с магнитудой 7 по формуле Гутенберга–Рихтера. Объём составляет величину порядка 10^5 км³. Это примерно соответствует объёму горного хребта высотой более 3 км и горизонтальными размерами 80 на 750 км.

Таким образом, мы видим, что тектонические деформации охватывают за одно событие огромные объёмы недр. Учитывая, что такие события происходят в областях складчатости и что количество землетрясений при образовании складчатых гор измеряется как минимум десятками тысяч, становится понятным широкое («региональное») развитие в недрах метаморфических пород дислокационного происхождения.

Рассказывается, благодаря чему мы имеем возможность наблюдать в обнажениях глубокие горизонты метаморфической зональности: горы при коллизиях «растут» вниз примерно в 3 раза больше, чем вверх; при эрозии гор эти «корни» гор «всплывают» по закону Архимеда; в результате денудацией обнажаются породы, сформированные на глубине 25-30 км.

Состав формации описывается через состав динамометаморфических пород-новообразований, с привязкой позиции той или иной породы к общей вертикальной зональности формации. Указывается на существование постепенных переходов в ряду милонит – бластомилонит – кристаллический сланец – гнейс. Приводятся примеры метаморфических колонок изменения составов новообразованных пород в зависимости от составов пород исходного субстрата (по А.Н. Ефимову, Т.М. Тетяевой). Для иллюстрации материала используется учебная коллекция образцов.

Приводятся текстурные различия стратифицированных и нестратифицированных метаморфитов. Анализируются противоречия традиционной возрастной индексации стратифицированных метаморфитов (при геологической съёмке).

Структура формации, описанная выше в общем виде в вертикальном направлении, дополняется её локальными особенностями по латерали. Приводятся примеры прямой зональности в межблоковых зонах, когда степень преобразований растёт к

осевой части зоны [9]. В этой связи анализируются аномальные примеры «обратного» регионального метаморфизма, когда метаморфизм растёт не вниз, а вверх по разрезу (Гималаи, по А. Гансеру). Приводятся примеры обратной зональности в межблоковых зонах, когда степень преобразований падает к осевой части зоны, что связано с длительностью и стадийностью развития метаморфического процесса. Рассматривается явление региональной устойчивости ориентировки вергентности (видимого направления перемещения горно-породных масс, т. е. твердотельного потока). Приводятся примеры использования этого явления для диагностики разновозрастных метаморфитов. Описывается зональность формации по характеру течения (ламинарный, турбулентный) и указывается на независимость вергентности формации от этого.

Формы тел формационных залежей описываются через конфигурацию их границ и ориентировку осевых поверхностей и общей вергентности. Описываются складчатые области с вертикальными, наклонными, горизонтальными, ныряющими и складчатыми осями. Дополнительно описываются более мелкие, локальные формационные залежи этого класса – адвективные и диапировые, синвулканические, сбросовые рифтовые.

Особо анализируются формации, ошибочно отнесённые к метаморфическим – ультраметаморфические (мигматитовые) и контактово-метаморфические. Показывается, что это – образования метасоматического происхождения по механизмам формирования, что устанавливается по составу, структурам и соотношениям породных тел.

Раздел о хемогенно-метасоматических формациях и образуемых ими телах. Этот раздел является ещё одним примером использования противоречивых и искажённых представлений, на этот раз – о механизмах метасоматоза. Закреплённые в учебниках представления о нем либо сильно искажены, либо ограничиваются общими фразами. Примечательно, что метасоматические *породы* в петрографии отнесены к метаморфическим в качестве подкласса, а метасоматические *формации* выделяются обычно в самостоятельный класс.

Изложение начинается с классических определений метасоматоза (по Линдгрёну), которое служит основой для развития дальнейших представлений. Указываются граничные термодинамические параметры проявления метасоматоза [10], на основании чего видно единство хемогенного и метасоматического процессов. Анализируются различия метаморфизма и метасоматоза на уровне механизмов процессов. Приводится схема работы микросистемы метасоматоза – «забойная», транзитная и конденсационная зоны. На этой основе показывается, что предлагаемые обычно механизмы массопереноса при метасоматозе (диффузия, фильтрация) к нему отношения не имеют [10]. Здесь работают многочисленные механизмы переноса в плёночных («двумерных») фазах, что широко используется в современных нанотехнологиях.

На примере коллекции образцов показываются различные разновидности метасоматоза – при работе только «забойной» зоны, только конденсационной зоны, при совместной работе нескольких зон (точечный, избирательный, реликтоносный, псевдоморфный, полнозаменный). Описывается противоречивый и парадоксальный характер метасоматических процессов. Приводятся примеры (образцы) изо- и гетерохимического метасоматоза.

Состав метасоматической формации описывается обычно через состав метасоматических породных тел (апосом). Следует подчеркнуть, что для состава апосом в петрографической литературе терминов явно недостаточно – многие породы метасоматического происхождения не имеют названий (их приходится называть перечисле-

нием породообразующих минералов). С другой стороны, многие «породы», упомянутые в учебниках (скарны, грейзены и пр.), являются, по сути, названиями породных групп. При этом в одну группу могут входить горные породы, которые даже не имеют общих минералов (например, кварц-мусковитовый и флюорит-топазовый грейзены). Здесь тоже приходится детализировать название породы перечнем породообразующих минералов. Но это, в основном, недоработки петрографии. Их просто надо иметь в виду.

При анализе метасоматических формаций обнаружили недоработки сугубо формационного уровня. В 80-х гг. XX в. была разработана методика выделения и картирования метасоматических формаций в полном объеме – включая не только зоны привноса, но и области выноса материала. Она была применена для картирования хорошо обнаженных и изученных районов Центрального Казахстана [7, 11]. Оказалось, что все «петрографические» («традиционные») метасоматические формации (пропилитов, березитов и пр.) являются только частями зональности более крупных объектов. Во избежание путаницы было предложено эти объекты называть «региональными метасоматическими формациями» (РМФ), а за «традиционными» (альбититы, аргиллизиты и пр.) оставить название «локальных метасоматических формаций» (ЛМФ). В дальнейшем рассматриваются разновидности, структуры и формы РМФ.

Структура РМФ описывается многочисленными и разноуровневыми зональностями, а также стадийностью формирования. В курсе излагаются известные зональности состава и концентрации новообразованных минеральных фаз, окраски, состава и концентрации прожилков, физических и химических свойств, и др. Для иллюстрации используется коллекция образцов. Зональности располагаются и описываются относительно самой общей зональности выноса – привноса материала (периферические – центральные, фронтальные – тыловые зоны). Дается понимание того, что это – только общие схемы, которые потом будут детализированы при характеристике отдельных типов РМФ.

Формы РМФ характеризуются сначала в самом общем виде. При этом объясняется, что метасоматические процессы обычно сопутствуют иным геологическим процессам и развиваются не только совместно с ними, но и зачастую используют их в качестве источника энергии для своего развития. Можно выделить следующие типы форм тел РМФ:

- плащеобразные (характерны для кор выветривания); развиваются совместно с денудационными процессами, используя потенциальную гравитационную энергию Земли;

- стратиформные диа- и катагенетические (в слоистых средах); развиваются совместно с осадконакоплением, используя энергию движения подземных вод, т.е. ту же потенциальную гравитационную энергию;

- примерно изометричные («плутоногенные») и более сложные, «очаговые» («вулканогенные»), развивающиеся параллельно с магматизмом и использующие для своего развития тепло интрузий и вулканов;

- сетевидные синтетонические («тектоногенные»); развиваются совместно с тектонитами, используя энергию землетрясений.

Далее характеризуются отдельные типы метасоматических формаций в порядке общей схемы «круговорота воды в природе» сверху вниз и обратно.

Формация кор выветривания образуется на входе поверхностных вод под землю. Описываются различные вертикальные профили кор выветривания и их отличия на разном породном субстрате. Для иллюстрации используется коллекция образцов.

Стратиформные РМФ образуются при миграции подземных вод к водоёмам конечного стока. Рассматриваются вынужденно только по зонам привноса и отложения рудного материала, группируясь по типам литогенеза Н.М. Страхова [13]:

- для гумидного литогенеза – железистые, марганцовистые;
- для аридного – урановые, медные, полиметаллические и их переходы в общей зональности; фосфатные, галогенные формации. Для иллюстрации используется коллекция образцов.

Для галогенных формаций указывается зональности в формировании эвапоритов разного состава [12]. Обращается внимание на формирование соляных пород первоначально как терригенных («соляные пески») и возможное сохранение впоследствии этих терригенных текстур (вплоть до подводно-оползневых и флишевых) как реликтов замещения. Описываются условия сохранности солей в ископаемом состоянии, а также реакции замещения одних минералов другими в соленосной толще. Особо указывается на продолжение галогенных формаций зонами метасоматических изменений, производимых нисходящими рассолами в подстилающих силикатных и карбонатных породах [12].

Для катагенетических формаций намечаются подходы к их изучению и свойствам на основе вертикальной катагенетической зональности осадочных чехлов. Описываются минералогические преобразования наиболее массовой – глинистой – части осадочного разреза при катагенезе. Особо подчёркивается, что катагенетические глубинные воды по свойствам и составу являются переходными к гидротермальным растворам. Их мобилизация эндогенными процессами приводит к формированию соответствующих эндогенных РМФ (восходящие ветви подземного круговорота) [11].

«Плутоногенные» РМФ образуются, как следует из названия, вокруг интрузий. Им присуще концентрически-зональное, многостадийное строение. Дополнительной чертой плутоногенной гидродинамической системы является её разобщённость (зона закаливания застывающего плутона) на две подсистемы – внутриинтрузивную и околоинтрузивную. Излагается строение околоинтрузивной и внутриинтрузивной подзон, варианты их изолированности и/или сопряжённости, состав ЛМФ в зонах выноса и привноса материала. Описываются место и условия возникновения «контактово-метаморфических формаций» как части зональности околоинтрузивной подзоны. Указываются типичные размеры подзон по вертикали.

«Вулканогенные» РМФ образуются, как следует также из названия, вокруг действующих вулканов, в адартезианских бассейнах кальдер действующих вулканов. Им присуще вертикально-зональное, многоцентровое, малостадийное строение. Зоны разгрузки располагаются в прижерловых частях вулканической постройки, а также вдоль радиальных и концентрических разломов, в том числе и ограничивающих вулканическую кальдеру. Излагается строение и состав обширных зон выщелачивания и вертикальная зональность ЛМФ в зонах восходящих потоков гидротерм. Даются пространственные параметры таких РМФ относительно магмаподводящего канала.

«Тектоногенные» РМФ образуются в зонах тектонически активных разломов, располагаясь вдоль ветвей сети тектонитов. Они характеризуются линейно-вытянутой или петельчатой в плане формой, а также малостадийным строением. Источником энергии для процесса, по-видимому, является тепло, генерируемое при деформациях в разломных зонах. Приводятся примеры современных систем этого типа (Челекен). Одновременность метасоматических процессов и деформаций подчёркивается наблюдаемыми отношениями взаимопересечения тектонитов и метасоматитов: на сближен-

ных участках отмечается и тектонизация метасоматитов, и метасоматическое замещение тектонитов. При этом отмечается снижение степени тектонизации метасоматитов от более ранних стадий к более поздним. Приводятся данные о строении и составе обширных зон выщелачивания, вертикальная зональность ЛМФ в зонах восходящих потоков гидротерм. Указывается позиция таких очагов разгрузки в пределах складчатых областей относительно реликтовых тектонических блоков [7, 11]. Показывается место «ультраметаморфических» (мигматитовых) формаций как тектоногенных РМФ глубоких зон коры (по К. Менерту).

Раздел о терригенных (слоистых) формациях и образуемых ими телах. Раздел посвящён именно тем формациям, на основе которых разработана Международная стратиграфическая шкала, поскольку слоистость является их типоморфным признаком. Для этих формаций справедлив стратиграфический закон Н. Стено. Исходя из того, что слои как породные тела являются специфическими для этой линии, для этих формационных залежей предлагается общее название – «слоистые формационные залежи».

Состав этих формаций у исследователей, как правило, не вызывал существенных разногласий при всем разнообразии методических подходов. Элементами строения здесь выступают слои (новообразованные породные тела) и обломки (реликтовые тела горных пород любого происхождения). Количественные соотношения слоёв и обломков могут варьировать в любых пропорциях – от почти полностью «обломочного» коллювия до почти полностью «безобломочного» лёссового покрова.

Следует только уточнить представления о формировании псаммитов. Обычно у студентов существуют представления, что песчаные породы образуются путём дробления более крупных обломков в ходе терригенного переноса. Это, как показали эксперименты, не так. При взаимном истирании породных обломков образуются преимущественно алеврито-глинистые частицы, а не песок. Песчаные же породы образуются при размыве кор выветривания, а транспортирующие агенты (воздух, вода) только сортируют образованный материал, отделяя, в том числе, и песчаную фракцию [18]. Это следует продемонстрировать сравнением состава аллювия рек на любом кристаллическом щите или в горной области – глыбы, щебень плюс черный ил. И только за пределами щита при размыве кор выветривания в аллювии появляются песчаные пляжи.

Структура терригенных (обломочных) формаций – слоистая. Здесь при изложении материала следует различить похожие понятия: слоистость как породная текстура и слоистость как соотношение слоёв. Для породных текстур предложен термин «слойчатость» (во избежание путаницы). Далее рассказывается о механизмах происхождения собственно слоистости (как соотношениях слоёв): велоциальном, ундационном, инъекционном, мутационном, миграционном [15, 18]. В отношении последнего справедливо правило Вальтера – Головкинского, которое также здесь излагается и иллюстрируется примерами.

Структура таких терригенных залежей, помимо наслоения, включает и фаціальную латеральную зональность. Само наслоение отражает стадийность в формировании залежи. Характер наслоения отражает режим осадконакопления (равномерный, пульсирующий, прерывистый и т.д.). Фаціальная зональность проявляется здесь преимущественно составом обломочных пород и обломков, степенью их сортировки и окатанности, размером зёрен, мощностью слоёв и пр. Она отражает степень изменения условий миграции и самого обломочного материала от источника переноса до места отложения.

Указывается на то, что слоистые структуры исходных осадков часто замещаются в ходе диагенетических метасоматических процессов (по П.В. Зарицкому) и сохраняются в ископаемом состоянии как текстурные реликты. В результате в одном месте осадочного разреза наблюдаются чаще всего как минимум две формации одновременно: 1) слоистая и 2) пропитывающая её более поздняя хемогенная (цементы, конкреции, псевдоморфозы и пр.). Их разделение пока не производится, что создаёт трудности, например, при прогнозе и поисках нефтегазовых залежей.

Формы тел слоистых формационных залежей не имеют пока специфических названий, хотя формируются на глазах исследователей. Но эти формы весьма разнообразны: от достаточно простых моренных гряд или коллювиальных шлейфов до сложно-ветвистого тела аллювия крупной реки. Различны и их размеры даже при однотипности сложения – они могут различаться на порядки. Например, конус выноса небольшого оврага размером в метры и конус выноса подводного каньона размером в сотни километров, сформированный суспензионными потоками. Пока производится накопление фактического материала по формам этих формаций. И формы описывают пока в основном геометрическими приближениями: «конус», «лента», «призма», «блюдец» и пр. [15].

Далее дается характеристика наиболее распространённых формаций этого класса с группированием: формации континента (раздельно для нивального, гумидного и аридного климатов) и формации океана (прибрежно-морские, шельфовые, батимальные и абиссальные) с указанием характерных зональностей [8, 13]. Дополнительно характеризуются внезональные формации – коллювиальная, вулканогенно-обломочная.

Раздел об органогенных формациях и образуемых ими телах. Изложение начинается с исходных определений формационной залежи данного класса – органогенной постройки [1]. Специально объясняется, почему к данному классу не отнесены угли, торф и другие каустобиолиты, а также ракушечники и другие органогенно-обломочные образования. К органогенным образованиям отнесены только те, которые образуются *благодаря жизнедеятельности* организмов, а не благодаря их отмиранию («образования жизни» в противовес «образованиям смерти» – типа угля, «пиритового человека»).

Органогенные постройки характеризуются в аспектах состава, структуры и формы.

Состав органогенной постройки – это различные известняки. Дается их структурно-текстурная классификация с разделением на органогенные, терригенные и хемогенные. Указывается, что только органогенные известняки с каркасной структурой являются основой органогенной постройки. Остальные в ее состав не включаются, хотя находятся в пространственной ассоциации.

Структура органогенной постройки описывается как связи и отношения между остатками организмов. Характеризуются различные типы каркасов и их эволюция в истории Земли: корковые (строматолитовые), ветвисто-кустистые, гребенчато-веревочные, массивные и пластинчато-инкрустирующие. Благодаря особенностям структуры органогенные постройки являются твердыми с самого начала образования: для «затвердевания» им не требуется диагенез.

Форма тел построек резко выделяет их из окружающего осадочного разреза. Поскольку скорости роста колониальных известковых организмов значительно больше скорости накопления рыхлых осадков, на дне водоема возникают обособленные тела, возвышающиеся над рельефом дна. Рыхлые осадки, накапливавшиеся на смежных участках, прислоняются к уже сформировавшимся твердым телам, которые мо-

гут иметь неровные, пещеристые, с нависающими карнизами боковые поверхности. Поэтому контакты органогенных построек с вмещающими отложениями могут иметь неровные извилистые контуры (до вертикальных и нависающих), невозможные в нормально осадочных породах [1]. В курсе описываются следующие типы контактов: впритык, прилегания, облекания, в клин, сростания. Указывается, что разные типы контактов могут наблюдаться на разных участках одной и той же постройки, поэтому контакт может быть часто комплексным.

Приводится характеристика построек разных морфологических типов: калиптр, биостромов, биогермов, калиптровых и биогермных массивов, рифоидных и рифовых массивов. Внутреннее строение постройки и её геологического окружения демонстрируется на примере рифового массива. Указывается на возможно значительный геологический возраст существования рифа и на вытекающие отсюда различия в стратиграфии внутри и вне рифовой постройки. Данное положение иллюстрируется примерами строения Сахайской рифовой полосы (кембрий Якутии).

После изложения теоретического курса студенты переходят к практическим занятиям по диагностике формаций на геологических картах. Каждому студенту выдаётся геологическая карта из учебного набора. Результатом должен явиться упорядоченный по возрасту список всех формаций, проявленных на той или иной территории, независимо от их генезиса. При этом указывается на то, что некоторые виды формаций явно присутствуют на территории карты, но на самой карте не показаны (например, тектониты определённого этапа складчатости или вулканогенные метасоматиты вокруг вулканов).

Такой анализ карт подготавливает студентов к работе на следующих учебных курсах – «Геотектоника», «Основы металлогении». Если в курсе «Геологические формации» выделение формаций является завершающим заданием, то на последующих курсах – стартовым. На нём основываются дальнейшие построения: выделение геодинамических обстановок в истории геологического развития площади («Геотектоника») [5] и анализа их возможной (с точки зрения наличных формаций) металлогенической специализации («Основы металлогении») [6, 9].

В заключение хотелось бы подчеркнуть особую роль геологических кабинетов и музеев, в которых могли бы быть сосредоточены тематические геологические коллекции, способствующие наглядному и более эффективному усвоению теоретического материала. Желательно, чтобы такие музеи были бы в каждом вузе, где преподаются геологические дисциплины.

ЛИТЕРАТУРА

1. Геологическая съёмка в районах развития отложений с органогенными постройками / Задорожная Н.М., Осадчая Д.В., Новоселова Л.Н. и др. Л.: Недра, 1982. 328 с.
2. Горяйнов С.В. Иерархия резкостных геологических тел. Харьков, 2001. 564 с.
3. Грубенман У., Ниггли П. Метаморфизм горных пород. Л.-М.: Георазведиздат, 1933. 376 с.
4. Иванкин П.Ф., Назарова Н.И. Методика изучения рудоносных структур в терригенных толщах. М.: Недра, 1988. 254 с.
5. Ковалёв А.А. Мобилизм и поисковые геологические критерии. М.: Недра, 1985. 223 с.
6. Ковалёв А.А., Леоненко Е.И. Методика глубинного прогнозно-геодинамического картирования. М.: МГУ, 1992. 152 с.
7. Методика изучения гидротермально-метасоматических образований / Плющев Е.В., Ушаков О.П., Шатов В.В., Беляев Г.М. Л.: Недра, 1981. 262 с.
8. Обстановки осадконакопления и фации. Пер. с англ. / Под ред. Х. Рединга. М.: Мир, 1990. Т. 1, 352 с. Т. 2, 384 с.

9. Основы металлогенического анализа при геологическом картировании (металлогения геодинамических обстановок). Методическое руководство / Гусев С.Г., Зайков В.В., Ковалёв А.А. и др. М.: Роскомнедра, 1995. 486 с.
10. Пospelов Г.Л. Парадоксы, геолого-физическая сущность и механизмы метасоматоза. Новосибирск: Наука, 1973. 355 с.
11. Региональные метаморфо-метасоматические формации. Принципы и методы оценки рудоносности геологических формаций / Жданов В.В., Беляев Г.М., Блюман Б.А. и др. Л.: Недра, 1983. 280 с.
12. Сонненфелд П. Рассолы и эвапориты. М.: Мир, 1988. 480 с.
13. Страхов Н.М. Основы теории литогенеза. Т. 2. Изд-во АН СССР, 1962. 574 с.; Т. 3. Изд-во АН СССР, 1962. 550 с.
14. Фации метаморфизма / Под ред. В.С. Соболева. М.: Недра, 1970. 432 с.
15. Цейслер В.М. Анализ геологических формаций. М.: Недра, 1992. 138 с.
16. Чиков Б.М. Введение в тектонические основы статической и динамической геотектоники. Новосибирск: Академическое изд-во «Гео», 2011. 299 с.
17. Шарков Е.В. Петрология расчленённых интрузий. Л.: Наука, 1980. 184 с.
18. Шванов В.Н. Структурно-вещественный анализ осадочных формаций (начала литомографии). СПб: Недра, 1992. 230 с.

REFERENCES

1. Zadorozhnaya N.M., Osadchaya D.V., Novoselova L.N., Krasnov E.V., Kuznetsov G.V., Minaev M.A., Mikhhev I.G., Patrunev D.K., Preobrazhensky B.V., Fortunatova N.K., Shaysky V.P., Ejnasto R.E. *Geological survey in the areas of development of deposits within organogenic structures*. 328 p. (Leningrad: Nedra, 1982) (in Russian).
2. Goryajnov S.V. *Hierarchy of natural geological bodies*. 564 p. (Kharkov, 2001) (in Russian).
3. Grubenmann U., Niggli P. *Metamorphism of rocks* (= Die Gesteinsmetamorphose). 376 p. (Moscow – Leningrad: Georazvedizdat, 1933) (in Russian).
4. Ivankin P. F., Nazarova N. I. *Methods of studying of ore-bearing structures in terrigenous strata*. 254 p. (Moscow: Nedra, 1988) (in Russian).
5. Kovalev A.A. *Mobilism and geological search criteria*. 223 p. (Moscow: Nedra, 1985) (in Russian).
6. Kovalev A.A., Leonenko E.I. *The Technique of predictive deep-geodynamic mapping*. 152 p. (Moscow: MGU, 1992) (in Russian).
7. Plushev E.V., Ushakov O.V., Shatov V.V., Belyaev G.M. *The methodology for the study of hydrothermal-metasomatic formations*. 262 p. (Leningrad: Nedra, 1981) (in Russian).
8. Reding H. (Ed.). *Sedimentary Environments: Processes, Facies and Stratigraphy*. 704 p. (Wiley-Blackwell, 1996).
9. Gusev S.G., Zaikov V.V., Zaikova A.A., Kovalev A.A., Leonenko E.I., Mezhelovsky N.I., Mints M.V., Rundquist D.V. *Fundamentals of metallogenic analysis in geological mapping (metallogeny of geodynamic situations). Methodological guide*. 486 p. (Moscow: Roskomnedra, 1995) (in Russian).
10. Pospelov G. L. *Paradoxes, geological and physical essence and mechanisms of metasomatism*. 355 p. (Novosibirsk: Nauka, 1973) (in Russian).
11. Zhdanov V.V., Belyaev G.M., Blueman B.A., Vishnevskaya Y.E., Kuzmin V.K., Maslov A.T., Petrov B.V. *Regional metamorph-metasomatic formations. Principles and methods for evaluating the ore potential of geological formations*. 280 p. (Leningrad: Nedra, 1983) (in Russian).
12. Sonnenfeld P. *Brines and evaporite*. 480 p. (Moscow: Mir, 1988) (in Russian).
13. Strakhov N.M. *Fundamentals of the theory of lithogenesis*. Vol. 2. 574 p. Vol. 3. 550 p. (Moscow: AN SSSR, 1962) (in Russian).
14. Dobretsov N.L., Reverdatto V.V., Sobolev V.S., Sobolev N.V., Khlestov V.V. *Facies of metamorphism*. 432 p. (Moscow: Nedra, 1970) (in Russian).
15. Zeisler V.M. *Analysis of geological formations*. 138 p. (Moscow: Nedra, 1992) (in Russian).
16. Chikov B.M. *Introduction to the tectonic foundation of static and dynamic geotectonics*. 299 p. (Novosibirsk: Academic publishing house «Geo», 2011) (in Russian).
17. Sharkov E.V. *Petrology of layered intrusions*. 184 p. (Leningrad: Nauka, 1980) (in Russian).
18. Shvanov V.N. *Structural and material analysis of sedimentary formations* (beginning of lithomography). 230 p. (St. Petersburg: Nedra, 1992) (in Russian).

ВЕСТИ ИЗ МУЗЕЕВ

УДК 573+929

ВОССОЕДИНЕНИЕ СПУСТЯ СТОЛЕТИЕ

Д.Ю. Милосердов¹

Статья рассказывает о трофейных рогах благородного оленя, добытых Великим князем Николаем Николаевичем Романовым (младшим) в Беловежской пушце во время Царской охоты и подаренных Государственному Дарвиновскому музею в 2017 году. Освещается история изучения трофеев Царской охоты в коллекции музея и история данного конкретного трофея.

Ключевые слова: Государственный Дарвиновский музей, охотничьи трофеи, Царская охота, Беловежская пушца.

REUNION A CENTURY LATER

D.Yu. Miloserdov

The State Darwin Museum

The purpose of the article is to give the reader some information on the trophy horns of the red deer, obtained by the Grand Duke Nikolas Nikolaevich Romanov (the younger) in the Białowieża Forest during the royal hunting. The horns were given to the State Darwin Museum in 2017. The article covers the history of the regal hunting trophies in the collection of the Museum and the history of this particular trophy.

Keywords: State Darwin Museum, hunting trophies, royal hunting, Białowieża Forest.

Введение. Во многих музеях мира хранятся трофеи, добытые на охотах известными личностями и, безусловно, представляющие исторический интерес. Такие коллекции представлены в Мюнхене в Музее охоты и рыболовства (Deutsches Jagd und Fischereimuseum), в Париже в Музее охоты и природы (Musée de la chasse et de la nature), во многих замках Чехии, Германии и других стран. В Государственном Дарвиновском музее тоже есть аналогичная коллекция – трофеи царских охот из Беловежской пушцы, которые представляют не только исторический, но и научный интерес, так как обо всех экспонатах этой коллекции известны точные место и дата добычи зверя, его пол, а также личность охотника. Эти трофеи имеют удивительную судьбу. Они не

¹ Милосердов Дмитрий Юрьевич – с.н.с. отдела фондов Государственного Дарвиновского Музея, dimmil@darwin.museum.ru.

раз выставлялись на выставках, как в нашем музее, так и в других: Государственном историческом музее [11], музее-заповеднике «Царицыно» и музее «Тульский Кремль».

История дарения. В 2016 г. с целью показа специалистам и широкой публике уникальных музейных экспонатов был опубликован «Каталог коллекции трофеев царской охоты», включающий 129 единиц хранения: рогов благородного оленя (27 ед. х.), рогов лани европейской (4 ед. х.), рогов косули европейской (59 ед. х.), рогов лося (18 ед. х.), рогов зубра (21 ед. х.) [4]. Первоначально размещённый на сайте музея в виде pdf-файла, он позже появился в печатном варианте. Через некоторое время автору статьи (хранителю коллекции остеологии) на электронную почту пришло письмо от девушки из С.-Петербурга. Она благодарила Музей за публикацию каталога, позволившего выяснить, что в их семье хранится один из трофеев царской охоты, добытый в Беловежской пуще. В дальнейшей переписке мы получили фотографии трофея – рога благородного оленя (*Cervus elaphus* L., 1758) [8] на медальоне (рис. 1). Получив от нас подтверждение, что трофей действительно имеет отношение к царской охоте, его владельцы (семья Смирновых) любезно предложили Музею принять его в дар для пополнения коллекции. Спустя два месяца рога были привезены в Музей, и состоялось официальное дарение экспоната.



Рис. 1. Рога благородного оленя, хранившиеся в семье Смирновых.

Изучение экспоната. Трофей оказался крайне интересен для музея, поскольку был добыт одним из членов царской семьи – Великим князем Николаем Николаевичем Романовым (младшим) (рис. 2), первым сыном великого князя Николая Николаевича (старшего) и великой княгини Александры Петровны (урождённой принцессы Ольденбургской), внуком Николая I. Он был Верховным Главнокомандующим сухопутными и морскими силами Российской Империи в начале Первой мировой войны (1914–15) и в мартовские дни 1917 г., а с 23 августа 1915 г. до марта 1917 г. – наместником Его Императорского Величества на Кавказе, главнокомандующим Кавказской армией и войсковым наказным атаманом Кавказских казачьих войск (причём, в отличие от многих главнокомандующих, был любим солдатами) [3, 7].

Известен Николай Николаевич также организацией Першинской великокняжеской охоты. Он приобрёл имение в селе Першино Алексинского уезда Тульской губернии, где под его руководством велась селекционная работа с русской борзой. Першинские



Рис. 2. Великий князь Николай Николаевич Романов (младший).

русские псовые борзые считались образцовыми, щенков широко раскупали иностранцы; считается, что именно Першинская охота способствовала популяризации этой породы в мире и её сохранению после революции. Также в Першине управляющим делами великого князя Д.П. Вальцевым была выведена порода «русская пегая гончая» [1, 5].

Особое значение нового экспоната для нашей коллекции заключалось в том, что, хотя Великий князь Николай Николаевич принимал участие в охотах на территории пущи с 1897 г., среди хранящихся в музее трофеев не было ни одного, принадлежавшего ему. Обычно большая часть охотничьих трофеев, добытых членами царской фамилии в Беловежской пушке, оставалась в охотничьем дворце. Эта практика продолжалась до начала Первой мировой войны. Армия Германии наступала, и в августе 1915 г. из Беловежа в

Москву отправились два вагона с ценностями охотничьего дворца. В Москве эвакуированное имущество было размещено в Александровском дворце в Нескучном саду. В 1917 г. грянула революция, Российская Империя исчезла. Участники императорских охот были либо расстреляны (как Николай II и Великий князь Михаил Александрович), либо закончили свой жизненный путь в эмиграции (как Великий князь Николай Николаевич). По итогам Первой мировой войны Беловежская пушка была отдана восстановленному Польскому государству. Советское государство обязалось вернуть все научные и культурные ценности, вывезенные с территории пушки во время Первой мировой войны. Среди возвращённого имущества оказались и предметы из императорского охотничьего дворца [6].

Но хранящиеся в нём трофеи царской охоты затерялись... Как они попали в Государственный Дарвиновский музей, исследователям ещё предстоит выяснить. Для нас гораздо интереснее то, что добытый Великим князем Николаем Николаевичем трофей не был размещён во дворце, а был вывезен в С.-Петербург и впоследствии оказался в частных руках. Мы решили разобраться с этой загадочной историей, и для начала внимательно рассмотрели экспонат. Как выше сказано, это рога благородного оленя (*Cervus elaphus* L., 1758) на лобных костях, смонтированные на медальоне. На медальоне и лобных костях есть надписи, оформленные в стиле, типичном для подобных трофеев из Пущи (рис. 3).

Дата, указанная на медальоне (10 сентября 1903 г.), позволяет сделать очень любопытные и, скорее всего, истинные предположения. Но вначале немного об охоте, где был добыт трофей. Сбор охотников в 1903 г. длился несколько дней. Охота началась 26 августа в Гайновском имении и завершилась 10 сентября. Николай II был очень доволен добытыми им огромным зубром и парой косуль. Охота этого года отличалась обилием добытых оленей. 7 сентября произошла забавная ситуация. Был добыт олень с рекордным числом отростков на рогах – двадцать восемь (рис. 4). На этот трофей претендовали князь Виктор Сергеевич Кочубей [2, 10] (рис. 5) и Великий князь Николай Николаевич; оба охотника одновременно стреляли по зверю. И, конечно, каждый из них хотел сохранить столь значительный трофей себе. Прекратил спор государь, сказавший, что он яв-

ляется хозяином, и рога оленя принадлежат ему (позже Николай II заказал точные копии рогов и отправил их обоим стрелкам) [6].

До недавнего времени мы считали, что на лобовину этих рогов не были нанесены никакие надписи, поскольку не удалось установить, кто именно добыл зверя (рис. 6), а сам трофей остался в охотничьем дворце. Но благодаря работе ведущего научного сотрудника музея Игоря Вячеславовича Фадеева удалось выяснить, что победитель в этом споре был всё-таки установлен. Вероятно, при разделке оленя выяснилось, с какой стороны прилетела убившая его пуля, но нам это стало известно только в июне 2017 г., когда обнаружили новые и, на сегодняшний момент, самые важные «следы» императорской охоты.

При подготовке юбилейной выставки к 110-летию ГДМ в поисках интересных, возможно, уже забытых сюжетов, Игорем Вячеславовичем были просмотрены 10 тыс. стеклянных негативов, отснятых в Музее в период с 1907 по конец 1950-х гг. Помимо интересных эпизодов из истории Музея, им были найдены снимки рогов, сделанные в первые годы после поступления в Музей в их первоначальном виде. Были обнаружены 36 пластинок размером 120×90 мм, на которых можно уверенно распознать 53 пары рогов лося и благородного оленя, несомненно, относящихся к трофеям императорской охоты. После сканирования с высоким разрешением 33 трофеев из нашей коллекции удалось распознать и, в ряде случаев, дополнить утраченную информацию. Среди них оказались и знаменитые рога с 28-ю отростками, на снимке которых на лобных костях хорошо видно имя удачливого стрелка «Свиты Его Величе-



Рис. 3. Надписи на трофее рогов благородного оленя, подаренных в Музей семьёй Смирновых. На лобных костях: Великий Князь Николай Николаевич; на медальоне: Бъловъжъ[ская Пуща]. 1-й Гайновское имѣние 1903 г. IX.

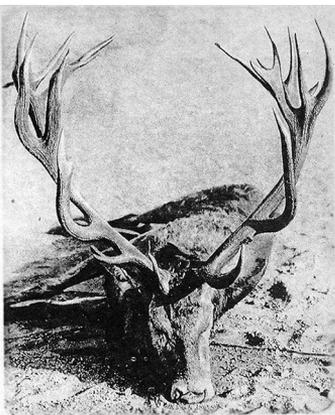


Рис. 4. Олень с рекордным числом отростков на рогах, за обладание которым спорили князь Виктор Сергеевич Кочубей и Великий князь Николай Николаевич в 1903 г.



Рис. 5. Генерал князь Виктор Сергеевич Кочубей.



Рис. 6. Рога благородного оленя ОФ 10710 из коллекции ГДМ, из-за которых возник спор (см. цв. фото на 3 с. обложки).

ный трофей, не доставшийся ему; вероятно, именно этим они были дороги Николаю Николаевичу. Обычно участники охот в Беловежской пуще, забравшие трофеи, через некоторое время дарили их в Зоологический музей С.-Петербурга (ныне Зоологический музей Зоологического института РАН), о чём сообщают сопроводительные документы из архива музея. Но этот трофей никогда не был в стенах вышеупомянутого музея: с 1903 по 1917 гг. рога оленя, добытого 10 сентября 1903 г., хранились в имении или доме Великого князя Николая Николаевича, и после Революции 1917 г. попали к людям, в наше время подарившим их Дарвиновскому музею.

Как трофей Великого князя попал к Смирновым – нам неизвестно. К сожалению, члены семьи могут лишь сказать, что рога хранились у бабушки, сколько помнят младшие представители этой фамилии. Можно предположить, что кто-то из родителей бабушки мог иметь отношение к Великому князю Николаю Николаевичу (скорее всего, работая в его доме или имении). В бурные дни 1917 г., когда владельцы особняков покинули С.-Петербург и уехали за границу, этот человек, возможно, забрал рога на па-

ства Генерал Майор Князь Кочубей» (рис. 7). Пуля промахнувшегося великого князя Николая Николаевича только оставила след на задней стороне верхнего отростка правого рога. На снимке хорошо заметна трещина, по которой позже вместе с большей частью надписи и медальоном отвалилась лобная кость. Остаток надписи, к сожалению, был бесследно стёрт [9].

Рога, пополнившие наш фонд остеологии, конечно, не такие роскошные, как рога «раздора», но тоже представляют собой весьма достойный трофей. Они были добыты в последний день охоты, и логично предположить, что Великий князь Николай Николаевич забрал их с собой – в качестве определённой «компенсации» за вожделен-

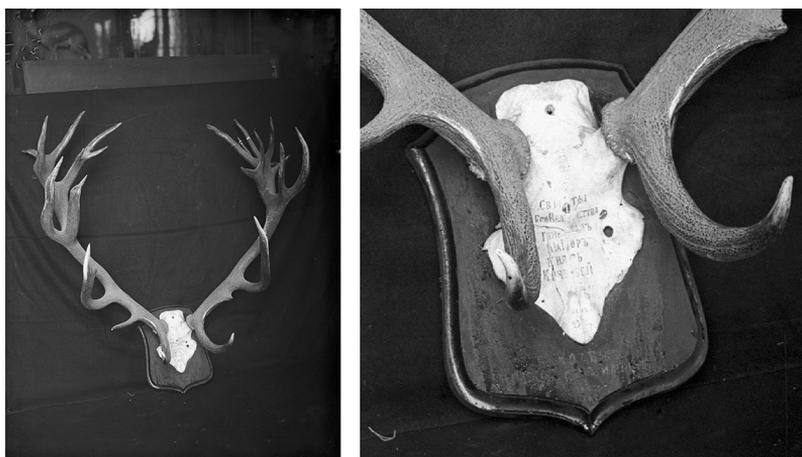


Рис. 7. Фотопластинка с изображением рогов, вызвавших спор.

мать о службе у Великого князя. Эта версия кажется нам наиболее предпочтительной, потому что трудно представить ситуацию, что попавшие в богатый особняк революционные матросы и рабочие, или просто мародёры, вынесут оттуда рога на медальоне, которые даже в качестве вешалки использовать неудобно. Но это относится исключительно к области неподтверждённых догадок.

Самое важное, что спустя более века трофей царской охоты, в силу обстоятельств не оставшийся в охотничьем дворце в Беловеже, воссоединился с основной частью коллекции, пополнив фонд остеологии Государственного Дарвиновского музея.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вальцов Д.П. Псовая охота Его Императорского Высочества Великого Князя Николая Николаевича в с. Першине Тульской губернии. 1887–1912 г. СПб., 1913. С. 146, 168–169.
2. Волков С.В. Генералитет Российской империи. Энциклопедический словарь генералов и адмиралов от Петра I до Николая II. М.: Центрполиграф, 2009. Т. I. С. 709–710.
3. Григорян В.Г. Романовы. Биографический справочник. М.: АСТ, 2007. С. 169–170.
4. Милосердов Д.Ю. Каталог коллекции трофеев царской охоты / Под ред. А.И. Клюкиной. М.: ГДМ, 2016. С. 15–18.
5. Мищикха О. Русская псовая борзая // Мой друг собака. 2013. № 1. С. 10–17.
6. Пармузина И.С., Черкас Н.Д. Царские охоты в Беловежской пуще: Страницы истории. Минск: Беларусь, 2009. С. 77, 119–120.
7. Пчелов Е.В. Династия Романовых: генеалогия и антропонимика // Вопросы истории. 2009. № 6. С. 81–83.
8. Соколов В.Е. Пятиязычный словарь названий животных. Млекопитающие / Под ред. В.Е. Соколова. М.: Русский язык, 1984. С. 126.
9. Фадеев И.В., Милосердов Д.Ю., Стариков Ю.В. Трофеи императорской охоты. Новые находки в Государственном Дарвиновском музее // Царские охоты и потехи. Мат. научно-практ. конф, 23–24 ноября 2017. СПб., 2017. С. 267.
10. Федорченко В.И. Императорский дом. Выдающиеся сановники: Энциклопедия биографий. В 2-х т. Красноярск: Бонус, 2001. Т. I. С. 584.
11. Придворная охота: каталог выставки (Москва, 26.09.2002–20.02.2003) / И.Н. Палтусова, О.Б. Мельникова, А.Н. Гузанов и др. М.: Художник и книга, 2002. С. 292, 294, 356, 357, 378, 382.

REFERENCES

1. Valtsov D.P. *The coursing of His Imperial Highness Grand Duke Nikolai Nikolaevich in the Pershino village, Tula Governorate*. 1887–1912. Saint Petersburg, 1913, pp. 146, 168–169 (in Russian).
2. Volkov S.V. *Generals of the Russian Empire. Encyclopedic dictionary of generals and admirals from Peter I to Nicholas II*. V. I. P. 709–710 (Moscow: Centrpolygraph, 2009) (in Russian).
3. Grigoryan V.G. *The Romanovs. Biographical reference book*. P. 169–170 (Moscow: AST, 2007) (in Russian).
4. Miloserdov D.Y. *Catalogue of the collection of the royal hunting trophies*. Ed. by A.I. Kliukina. P. 15–18 (Moscow: GDM, 2016) (in Russian).
5. Mishikha O. The Russian wolfhound. *My Friend the Dog*. 1, 10–17 (2013) (in Russian).
6. Parmuzina I.S., Cherkas N.D. *Royal hunting in the Białowieża Forest. The pages of history*. P. 77, 119–120 (Minsk: Belarus, 2009) (in Russian).
7. Pchelov E.V. The Romanov dynasty: genealogy and anthroponymy. *The questions of history*. 6, 81–83 (2009) (in Russian).
8. Sokolov V. E. (Ed.). *Five-language dictionary of animal names. Mammals*. P. 126 (Moscow: Russkij yazyk, 1984) (in Russian).
9. Fadeev I.V., Miloserdov D.Y., Starikov Y.V. The trophies of imperial hunting. New discoveries in the State Darwin Museum. *Royal hunting and leisure*. The materials of scientific-practical conference 23–24 November 2017. P. 267 (Saint Petersburg, 2017) (in Russian).
10. Fedorchenko V.I. *The Imperial House. Prominent dignitaries: encyclopedia of biographies*. V. 1. P. 584 (Krasnoyarsk: Bonus, 2001) (in Russian).
11. Paltusova I.N., Melnikova O.B., Guzanov A.N. *The hunting of nobles: a catalogue of the exhibition*. P. 292, 294, 356, 357, 378, 382 (Moscow: Hudozhnik i kniga, 2002) (in Russian).

ИСТОРИЯ НАУКИ

УДК 566/567

АНТИАРХИ: ОТ ОБОЛОЧНИКОВ К ЧЕЛЮСТНОРОТЫМ. ИЗ ИСТОРИИ ПАЛЕОИХТИОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

С.В. Молошников¹

Обсуждаются положение антиарх в системе Chordata и реконструкции их строения, предложенные исследователями в XIX – первой половине XX вв., вплоть до окончательного отнесения их после работ Эрика Стенше к челюстноротым позвоночным. Рассмотрена гипотеза, выдвинутая Эдуардом Копом в 1880-е годы, о принадлежности антиарх к оболочникам. Проанализированы различные варианты реконструкции обонятельного аппарата, положения ноздрей у антиарх в конце XIX – начале XX в., а именно реконструкции Альфреда Вудварда и Уильяма Паттена. Вторая интерпретация оказалась более правильной и, развитая впоследствии Эриком Стенше, принимается в современных реконструкциях антиарх. Приведены некоторые ранние классификации этой группы рыб.

Ключевые слова: история науки, палеоихтиология, систематика, эволюция, хордовые, низшие позвоночные, панцирные рыбы, ранний палеозой.

ANTIARCHS: FROM TUNICATES TO GNATHOSTOMATA. HISTORY OF PALAEOICHTHYOLOGICAL RESEARCH

S.V. Moloshnikov, PhD

Lomonosov Moscow State University (Earth Sciences Museum)

The article analyzes the systematic status of antiarchs and their reconstructions suggested by researchers in the period from 19th to the first half of 20th centuries until their final location among gnathostomes. The author considers Edward Cope's hypothesis (1880s), according to which the antiarchs belong to tunicates. It is spoken in detail about reconstructions of the olfactory apparatus and nostril position in the antiarchs' head shields suggested by Alfred Woodward and William Patten. The latter interpretation turned out to be more correct and, subsequently developed by Erik Stensiö, has been adopted in modern antiarchs' reconstructions. In the second half of 19th century Christian Pander and Ramsay Traquair combined antiarchs (Asterolepis, Pterichthys, Bothriolepis) and arthrodiros (Coccosteus, Homosteus) in a single group of Placoderms erected by M'Coy. The point of view described is more consistent with the modern understanding of the Placodermi class.

¹ Молошников Сергей Владимирович – к.г.-м.н., с.н.с. Музея земледения МГУ, molsergey@rambler.ru.

But from the second half of 19th till the first half of 20th centuries these closely related groups of placoderm fishes were usually considered in separate evolutionary lines until Erik Stensiö's works were published. The article also touches upon some early classifications of antiarchs.

Keywords: history of science, palaeoichthyology, systematics, evolution, chordates, anamniotes, placoderms, Early Paleozoic.

Введение. Антиархи (Antiarchi) – своеобразные палеозойские панцирные рыбы (Placodermi) с хорошо развитым экзоскелетом, костные элементы которого покрывали голову, переднюю часть туловища и грудные плавники. По своему строению грудные плавники антиарх сильно отличаются от всех известных типов плавников ископаемых и ныне живущих рыб. Они представлены хрящевыми удлинёнными придатками, покрытыми костными пластинами, и напоминают конечности членистоногих животных. Причудливый внешний вид антиарх позволил Альфреду Ромеру назвать их гротескными существами, которые внешне похожи на смесь черепахи и ракообразного («*grotesque little creatures, which look like a cross between a turtle and crustacean*» [25, p. 24]).

Антиархи – одна из характерных групп девонской ихтиофауны. Их остатки известны из континентальных и прибрежно-морских отложений и встречаются на всех континентах. Поэтому неудивительно, что они имеются в коллекциях многих музеев мира, особенно в экспозиции, освещающей девонский период истории Земли [5].

Остатки антиарх известны с первой половины XIX века. Однако сам термин *Antiarcha* впервые ввел в конце XIX в. Эдуард Коп [10]; до этого роды, объединяемые в эту группу, причислялись к совершенно разным таксонам. В современных системах антиархи относятся к классу Placodermi ветви челюстноротых позвоночных Gnathostomata. Однако в XIX–начале XX вв. их систематическое положение и детали строения оставались дискуссионными.

Наиболее ранними исследованиями, связанными с изучением остатков антиарх и других девонских рыб, являются работы С.С. Куторги [15, 16] (рис. 1), в которых они описывались как кости рептилий. Позже появились первые предположения, что их следует причислять к рыбам (Ф. Квендстедт в 1838 г. и Х. Асмусс в 1839 г.). Луи Агассис [8] в монографии «*Monographie des poissons fossiles du vieux grès rouge ou système Dévonien (Old Red Sandstone) des Iles Britanniques et de Russie*» (рис. 1) относил антиарх родов *Asterolepis* и *Bothriolepis* к целакантам (de la famille des Célanthes), рода *Pterichthys* – к цефаласпидам (de la famille des Céphalaspides), а рода *Byssacanthus* – к плакоидным рыбам (des Placoides). Такое положение родов антиарх в системе позвоночных животных принималось и в работах других исследователей середины XIX века (например, [20]). Похожую систему использовал Ричард Оуэн [21]. Объединяя роды антиарх в отряде ганоидных рыб Ganoidei, он вслед за Агассисом помещал *Asterolepis* и *Bothriolepis* в семейство Coelacanthi подотряда Lepidoganoidei, в то время как род *Pterichthys* (вместе с *Cephalaspis*, *Pteraspis* и другими) относил к семейству Placodermata подотряда Placoganoidei.

В 1848 г. Фредерик Маккой [18] предложил объединить в семействе Placodermi ганоидных рыб, голова и туловище которых покрывались разнообразными крупными костными пластинками. В это семейство попала часть родов из группы цефаласпид Агассиса (*Pterichthys*, *Coccosteus* и др.), а также группы целакантов (*Asterolepis*, *Bothriolepis*, *Psammosteus* и др.). Таким образом, семейство Placodermi Маккоя объединило большей частью панцирных рыб (плакодерм в современном понимании), но в него попали и панцирные псаммостеиформные бесчелюстные.

Христиан Пандер [22] относил антиарх (*Asterolepis*) вместе с артродирами (*Coccosteus*, *Homosteus*, *Heterosteus*, *Chelyophorus*) к семейству плакодерм (Placodermen).

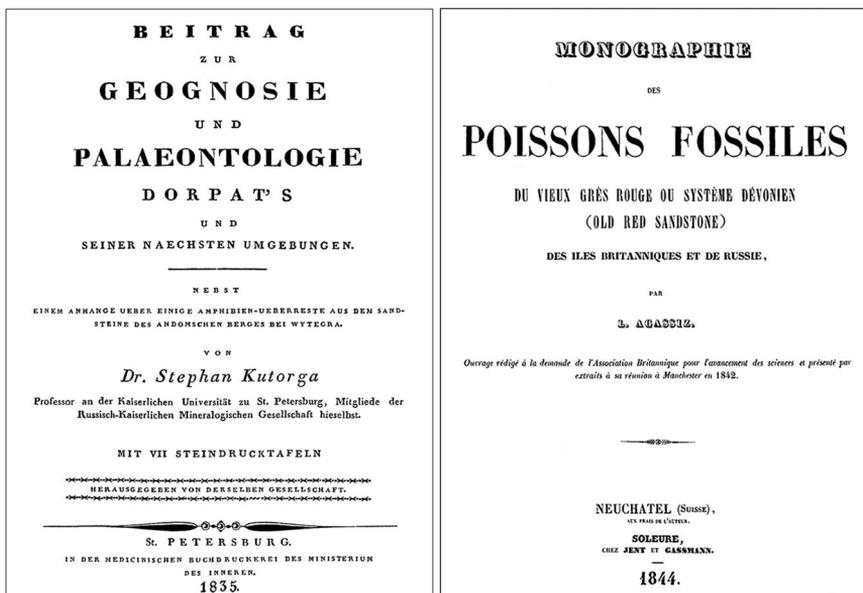


Рис. 1. Титульные листы ранних работ, посвящённых девонским бесчелюстным и рыбам. Слева работа Степана Куторги (Kutorga, 1835) с описанием остатков девонской ихтиофауны из окрестностей г. Тарту и Андомской горы. Справа монография Луи Агассиса (Agassiz, 1844) – первая крупная сводка по девонской ихтиофауне Великобритании и России.

Роды *Pterichthys* и *Bothriolepis* он рассматривал в качестве младших синонимов *Asterolepis*. Рамсей Траквер [28] объединил роды *Asterolepis*, *Pterichthys*, *Bothriolepis* и *Microbrachius* в семейство *Asterolepidae* подотряда *Placodermata* в отряде ганоидных рыб *Ganoidei*. К этому же подотряду он отнёс семейство *Coccosteidae*, включив в него роды *Coccosteus* и *Homosteus*, которых другие исследователи в то время (например, [30]) рассматривали как боковую ветвь двоякодышащих рыб *Dipnoi*, считая их филогенетически далёкими от антиарх. Такое объединение антиарх с артродирами в составе группы плакодерм без панцирных разнощитковых гетеростраков Пандером и Траквером во второй половине XIX века больше соответствует современному пониманию класса *Placodermi*.

В 1880-е годы Эдуард Коп [10, 11] пытался развивать гипотезу о принадлежности антиарх к оболочникам (*Tunicata*, *Urochordata*), от которой он впоследствии отказался, указав на то, что антиархи вместе с панцирными бесчелюстными, по-видимому, всё-таки должны относиться к таксономической группе *Ostracodermi*. Гипотеза о принадлежности антиарх к оболочникам была весьма оригинальной даже для XIX в. и заслуживает отдельного рассмотрения.

В настоящей работе проводится анализ реконструкций строения антиарх и их положения в системе хордовых, предлагаемых исследователями во второй половине XIX – первой половине XX вв., вплоть до окончательного отнесения их к челюстноротым позвоночным.

Гипотеза Эдуарда Коп: антиархи среди оболочников. Оригинальная точка зрения на систематическое положение антиарх была выдвинута Э. Копом во второй половине XIX в. [10, 11]. Он выделил роды *Pterichthys*, *Bothriolepis* из черепных позвоночных и поместил их в отдельный отряд *Antiarcha* среди класса *Tunicata* (*Urochordata*).

Изучив экземпляры *Bothriolepis canadensis* (Whiteaves) из франских отложений Канады, Эдуард Коп пришел к выводу, что у антиарх не было глаз и челюстей, а сверху в панцире имелось единое срединное отверстие. Он сравнил изученных антиарх с современными оболочниками из рода *Chelyosoma* (рис. 2) и указал на основную черту их сходства, на которой построил свою гипотезу, – почти идентичное расположение щитков спинной стороны (scutellation of the dorsum) у этих животных. По мнению Э. Коп, сходство усиливается при сравнении антиарх с Appendicularia, у личинок которых развиты боковые отростки в виде конечностей (lateral limb-like processes), а во взрослом состоянии сохраняется хвост. Принципиальное же отличие между оболочниками и антиархами заключается в расположении анального отверстия, которое у оболочников находится на спинной стороне, а у антиарх сместилось на задний край панциря и имеет нормальное для позвоночных положение. Эта особенность, отличающая антиарх от всех других оболочников, и была отражена Эдвардом Копом в их названии: antiarcha, т. е. противоположный первоначальному. Срединное головное отверстие *B. canadensis* Э. Коп считал ротовым, то есть передним отверстием пищеварительной системы. Опираясь на вышеперечисленные признаки, он [10] отнёс отряд Antiarcha к классу Tunicata и поместил в него два семейства [11]: Bothriolepididae и Pterichthyidae. Различие между этими семействами, по мнению Коп, заключается в развитии хвостового отдела, что было указано в диагнозах семейств. У представителей первого семейства он отсутствовал, у вторых – хорошо развит.

Гипотеза Коп не была принята палеонтологами. Например, Рамсей Траквер [29], обсуждая строение ботриолеписа и гипотезу Коп, заключает, что ротовое отверстие у антиарх располагалось в передней части нижней стороны головы, как это реконструировали многие палеонтологи, а не в срединном отверстии наверху головного панциря. Однако сам термин Antiarcha был принят и используется в настоящее время, несмотря на то, что предлагались и использовались более удачные названия этой группы рыб, например, Pterichthyes – крылатые рыбы.

Антиархи в составе группы Ostracodermi. В 1889 г. в обзоре семейств позвоночных животных «Synopsis of the Families of Vertebrata» Эдуард Коп [12] всё-таки рассмотрел антиарх в разделе бесчелюстных позвоночных Ostracodermi. Однако, снова описав предполагаемое сходство антиарх с оболочниками, в заключение он указал, что отряд Antiarcha может относиться к Ostracodermi («This order may belong to the Ostracodermi», [12, p. 853]). Также к остракодермам он отнёс разнощитковых Pteraspidae, костнопанцирных Cephalaspidae и др. К группе Placodermi Э. Коп в этой работе отнёс только два семейства артродир: Coccosteidae и Dinichthyidae.

Вслед за Эдуардом Копом большинство исследователей во второй половине XIX – первой половине XX вв. [3, 4, 13, 14, 23, 24, 30, 32 и др.] рассматривали антиарх в составе группы остракодерм, не используя термин Placodermi, введённый Маккоем [18]. Кроме антиарх к ней обычно относили разнощитковых

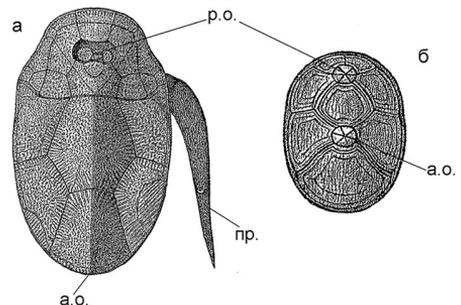


Рис. 2. Гипотеза Эдуарда Коп о принадлежности антиарх Tunicata. Сравнение *Bothriolepis canadensis* (а) с современным оболочником из рода *Chelyosoma* (б) из его работы (Cope, 1885, figs. 1, 2). Условные обозначения: а.о. – анальное отверстие, пр. – боковые парные придатки, р.о. – ротовое отверстие.

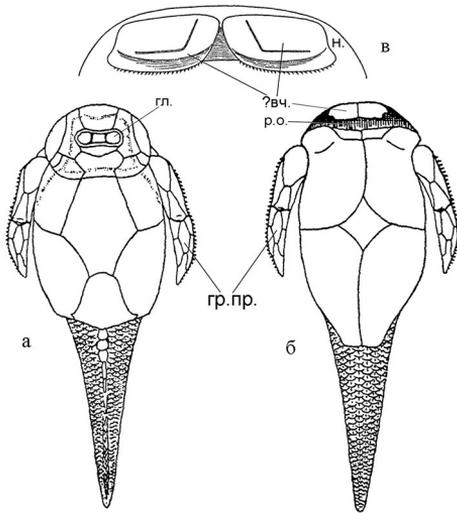


Рис. 3. Реконструкции антиарх из работы Альфреда Вудварда (Woodward, 1898): а, б – внешний вид *Pterichthys mulleri*, реконструкция Р. Траквера (а – спинная сторона, б – брюшная сторона); в – верхнечелюстные (?) пластинки и положение носовых отверстий на брюшной стороне головы *Bothriolepis canadensis*. Условные обозначения: ?вч. – предполагаемые верхнечелюстные пластинки; гл. – глаза; гр.пр. – грудные придатки; н. – положение носовых отверстий; р.о. – ротовое отверстие.

лась более правильной. Интерпретация Паттена, развитая впоследствии Эриком Стенше [27], принимается и в современных реконструкциях строения антиарх [17, 19, 31 и др.].

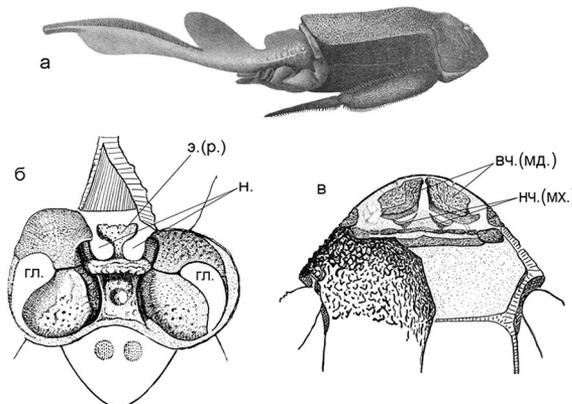


Рис. 4. Реконструкция *Bothriolepis canadensis* Уильяма Паттена (Patten, 1904): а – внешний вид сбоку; б, в – детали строения головы (б – орбито-носовая область, дорсально; в – челюстной аппарат, вентрально). Условные обозначения: вч.(мд.) – верхнечелюстные пластинки (мандибулы); гл. – глаза; н. – положение ноздрей; нч.(мх.) – нижнечелюстные пластинки (максиллы); э.(р.) – этmoid (ростральная пластинка).

(Heterostraci), костнопанцирных (Osteostraci) и анаспид (Anaspid). В реконструкциях деталей строения антиарх среди палеонтологов существовали некоторые принципиальные разногласия. По-разному реконструировалось положение носовых отверстий у этих рыб.

Альфред Вудвард [30] реконструировал носовые отверстия антиарх на брюшной стороне головы. По его мнению, им соответствуют вырезки на боковых краях пары верхнечелюстных (?) пластинок, т. е. ноздри у рыб открывались вниз (вентрально) и были расположены ближе к бокам головы (рис. 3). Этой же точки зрения придерживались в своих работах А.А. Борисьяк [3] и Э.С. Гудрич [13].

Иную реконструкцию строения ольфакторного аппарата предложил Уильям Паттен [23]. На примере *Bothriolepis canadensis* он показал, что ноздри у антиарх располагались не на нижней (вентральной), а на верхней (дорсальной) стороне головы (рис. 4). Они открывались между глаз и окружались этmoidной костью (ростральной по современной терминологии [19]). Эта точка зрения оказа-

У. Паттен, описывая нижние и верхние челюсти антиарх, всё-таки рассматривал их в составе панцирных бесчелюстных остракодерм, которых он считал филогенетически близкими членистоногим животным Merostomata (рис. 5). По-видимому, именно поэтому Паттен называет верхнечелюстные пластинки антиарх мандибулами, а нижнечелюстные – максиллами, считая, что они двигались подобно челюстям членистоногих [23].

В учебнике по палеонтологии Карл Циттель [32] помещал подкласс Ostracodermi вместе с настоящими челюстноротыми (Selachii, Dipnoi, Ganoidei, Teleostei) в класс Pisces. Он указывает следующее положение антиарх в системе позвоночных:

Класс Pisces

Подкласс Ostracodermi

Отряд Anaspida

Отряд Heterostraci

Отряд Osteostraci

Отряд Antiarchi

Семейство Asterolepidae

Pterichthys Agassiz (*Pterichthyodes* Bleeker), *Asterolepis* Eichwald, *Microbrachius* Traquair, *Gerdalepis* Hoffman, *Bothriolepis* Eichwald, *Remigolepis* Stensiö, *Byssacanthus* Agassiz, *Cypholepis* Gross, *Byssacanthoides* Woodward
? *Ceraspis* Schlüter, *Belemnacanthus* Eastman.

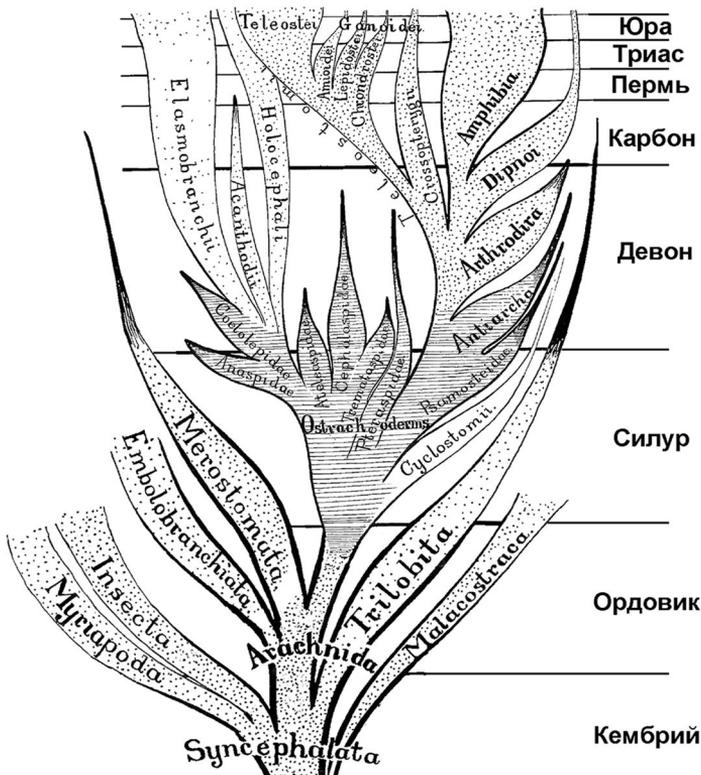


Рис. 5. Филогенетические связи позвоночных и членистоногих по Уильяму Паттену (Patten, 1912). Панцирные бесчелюстные остракодермы (показаны горизонтальной штриховкой) наиболее близки меростомовым членистоногим. Антиархи рассматриваются в составе остракодерм, но считаются наиболее близкими из них к настоящим рыбам.

В отличие от системы антиарх Э. Копа [11], К. Циттель указывает в отряде *Antiarchi* только одно семейство *Asterolepidae*, выделенное Р. Траквером [28].

В 1909 г. Эдвин Гудрич [13], помещая антиарх (*Pterichthymorphi*) в состав *Ostracodermi*, также отнёс последних к древнейшим представителям ветви челюстноротых позвоночных (*Branch Gnathostomata*). Позже он [14] пересмотрел свою систему позвоночных животных и выделил класс остракодерм в самостоятельную ветвь *Ostracodermi* черепных позвоночных, промежуточную между ветвями *Monorhina* и *Gnathostomata (Amphirina)*.

Антиархи – настоящие челюстноротые позвоночные. Только в первой половине XX в. Эрик Стенше [26, 27] убедительно показал, что антиархи обладали типичными для *Gnathostomata* челюстями. Он реконструировал детали строения *Bothriolepis canadensis*: восстановил эндо- и экзоскелет, челюстную дугу (нёбно-квадратный и Меккелев хрящи), дал новую реконструкцию внешнего вида (рис. 6а-д). После его работ антиархи были окончательно отнесены к челюстноротым позвоночным.

Стенше, также как Пандер и Траквер, объединил антиарх вместе с артродирами в одну таксономическую группу – подкласс *Placodermi*, который рассматривал как боковую ветвь акулых рыб. Классификацию антиарх Стенше впервые построил на степени специализации их грудных плавников:

Antiarchi

Семейство *Remigolepidae*

Род *Remigolepis*

Семейство *Asterolepidae*

Подсемейство *Asterolepinae*

Роды *Asterolepis*, *Pterichthyodes*

Подсемейство *Microbrachinae*

Род *Microbrachius*

Подсемейство *Bothriolepinae*

Род *Bothriolepis*

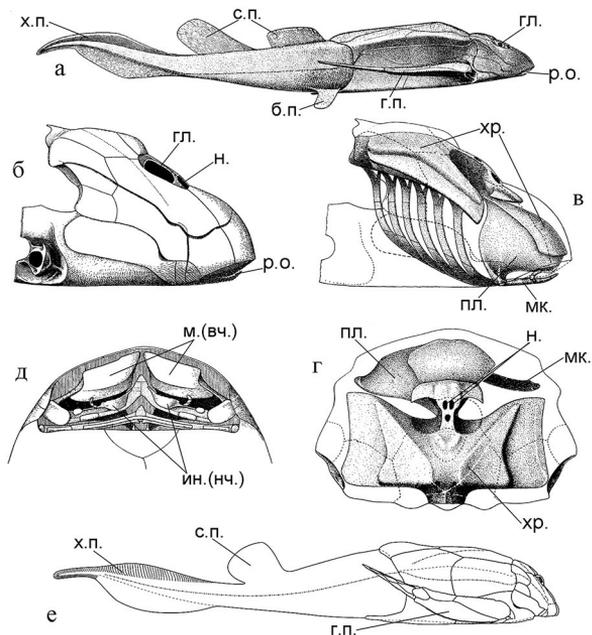
Incertae familiae: род *Cypholepis*

У астеролепидных антиарх панцирь грудного плавника разделён на два подвижно соединённых сегмента – проксимальный и дистальный; у ремиголепидных поперечное деление плавника отсутствует. Эта классификация использовалась долгое время многими исследователями. Она же была принята в «Системе рыбообразных и рыб, ныне живущих и ископаемых» Л.С. Берга [1, 2] и разделе по бесчелюстным и рыбам «Основ палеонтологии» [7].

Реконструкция внешнего вида *Bothriolepis canadensis*, выполненная Эриком Стенше в середине XX века, в настоящее время изменилась (рис. 6е): считается, что *B. canadensis* обладал только одним спинным плавником, а брюшные плавники, реконструированные Стенше, у этих рыб отсутствовали [9].

Заключение. Со второй половины XIX в. до первой половины XX в. антиархи «эволюционировали» от оболочников до настоящих челюстноротых позвоночных (рыб). Реконструкции деталей строения (положение носовых отверстий и, следовательно, строение ольфакторного аппарата), принимаемые и в настоящее время, были предложены в самом начале XX в. Уильямом Паттеном [23]. Однако среди широкого круга палеонтологов и в учебниках по палеонтологии позвоночных [3, 13] преобладали интерпретации Альфреда Вудварда [30], которые в последующем не подтвердились и в настоящее время имеют только историческое значение. Объединять антиарх (*Asterolepis*, *Pterichthys*, *Bothriolepis*) с артродирами (*Coccosteus*, *Homosteus*) в одну группу плакодерм, выделенную Маккоем, предлагали во второй половине XIX в. Христиан Пандер [22] и Рамси Траквер

Рис. 6. Строение *Bothriolepis canadensis*. а-д – реконструкции Эрика Стенше (Stensiö, 1948) (а – внешний вид сбоку, б – панцирь головы сбоку, в – внутренний хрящевой череп, висцеральные и челюстная дуги сбоку, г – кости челюстных дуг снизу, д – внутренний хрящевой череп и челюстная дуга сверху); е – современная реконструкция внешнего вида, полученная с использованием компьютерного 3D моделирования (Bécharд et al., 2014). Условные обозначения: б.п. – брюшные плавники; г.п. – грудные плавники; гл. – глаза; ин.(нч.) – нижнечелюстная пластинка, inferognathale; м.(вч.) – верхнечелюстная пластинка, mentale; мк. – Меккелев хрящ; н. – ноздри; пл. – небно-квадратный хрящ; р.о. – ротовое отверстие; с.п. – спинной плавник; х.п. – хвостовой плавник; хр. – внутренний хрящевой череп (эндокраний).



[28]. Однако, несмотря на это, до выхода работ Эрика Стенше в первой половине XX в. эти две близкородственные группы панцирных рыб обычно рассматривали отдельно.

ЛИТЕРАТУРА

1. Берг Л.С. Система рыбообразных и рыб, ныне живущих и ископаемых // Тр. Зоол. ин-та АН СССР. 1940. Т. 5, вып. 2. С. 87–517.
2. Берг Л.С. Система рыбообразных и рыб, ныне живущих и ископаемых. 2-ое изд. // Тр. Зоол. ин-та АН СССР. 1955. Т. 20. С. 2–285.
3. Борисяк А. Курс палеонтологии. Часть II: Позвоночные. М.: Издание М. и С. Сабашниковых, 1906. 394 с.
4. Борисяк А. Курс палеонтологии. Часть III: Палеофаунистика и руководящие ископаемые. Вып. I: Палеофаунистика. Петроград: Издание М. и С. Сабашниковых, 1919. 58 с.
5. Молошников С.В. Девонский этап развития позвоночных (Vertebrata) и его отображение в экспозиции МЗ МГУ // Материалы научной конференции «Ломоносовские чтения. Секция музееведения». М.: МГУ, 2012. С. 38–40.
6. Молошников С.В. Развитие палеоихтиологии в России (возможности отражения в экспозиции Музея землеведения МГУ) // Жизнь Земли. Вып. 37. М.: Изд-во Моск. ун-та, 2015. С. 157–169.
7. Обручев Д.В. Класс Placodermi. Пластинокожие // Основы палеонтологии. Беспчелюстные и рыбы / Под ред. Ю.А. Орлова. М.: Наука, 1964. С. 118–174.
8. Agassiz L. Monographie des poissons fossiles du vieux grès rouge ou système Dévonien (Old Red Sandstone) des Iles Britanniques et de Russie. Neuchâtel, 1844. XXXVI+171 p.
9. Bécharд I., Arsenault F., Cloutier R., Kerr J. The Devonian placoderm fish *Bothriolepis canadensis* revisited with three-dimensional digital imagery // Palaeontologia Electronica. 2014. V. 17, Issue 1.2A. 19 p.
10. Cope E.D. The position of Pterichthys in the System // American Naturalist. 1885. V. XIX, № 3. P. 289–291.
11. Cope E.D. An interesting connecting genus of Chordata // American Naturalist. 1886. V. XX, № 12. P. 1027–1031.
12. Cope E.D. Synopsis of the Families of Vertebrata // American Naturalist. 1889. V. XXIII, № 274. P. 849–877.

13. Goodrich E.S. Vertebrata Craniata (First Fascicle: Cyclostomes and Fishes) // A Treatise on Zoology. Part IX. London: Adam and Charles Black, 1909. 518 p.
14. Goodrich E.S. Studies on the structure and development of Vertebrates. L. Macmillan and Co, 1930. XXX+837 p.
15. Kutorga S.S. Beitrag zur Geognosie und Palaeontologie Dorpat's und seiner nachsten Umgebungen. St. Petersburg, 1835. 45 s.
16. Kutorga S.S. Zweiter Beitrag zur Geognosie und Paläontologie Doprat's und seiner nächsten Umgebungen. St. Petersburg, 1837. 51 s.
17. Lukševičs E. The orbito-nasal area of *Asterolepis ornata*, a Middle Devonian placoderm fish // J. Vert. Paleontol. 2001. V. 24, № 4. P. 687–692.
18. M'Coy F. On some new fossil fish of the Carboniferous period // The Annals and Magazine of Natural History, including Zoology, Botany, and Geology. 1848. Ser. 2. V. 2, № 7. P. 1–10.
19. Moloshnikov S.V. Devonian Antiarchs (Placodermi, Antiarchi) from Southern and Central European Russia // Paleontol. J. 2008. V. 42, № 7. P. 691–773.
20. Murchison R.I., Verneuil E., Keyserling A. The geology of Russia in Europe and the Ural Mountains. V. I: Geology. London-Paris, 1845. XXIV+700 p.
21. Owen R. Palaeontology or a systematic summary of extinct animals and their geological relations. Edinburgh: Adam and Charles Black, 1860. XV+420 p.
22. Pander Ch.H. Ueber die Placodermen des devonischen Systems. St. Petersburg: Buchdruckerel der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften, 1857. 106 s.
23. Patten W. New facts concerning *Bothriolepis* // Biol. Bull. Marine Biol. Labor. 1904. V. 7, № 2. P. 113–124.
24. Patten W. The Evolution of the Vertebrates and their kin. Philadelphia: P. Blakiston's son and Co., 1912. 486 p.
25. Romer A.S. Vertebrate paleontology. Chicago, L.: Univ. Chicago Press, 1966. 468 p.
26. Stensiö E. Upper Devonian Vertebrates from East Greenland, collected by the Danish Greenland Expeditions in 1929 and 1930 // Medd. Grönl. 1931. 86 (1). P. 3–213.
27. Stensiö E. On the Placodermi of the Upper Devonian of East Greenland. II. Antiarchi: subfamily Bothriolepinae // Palaeozool. Groenl. 1948. Bd. 2. 622 p.
28. Traquair R.H. Notes on the nomenclature of the fishes of the Old Red Sandstone of Great Britain // Geological Magazine. 1888. V. 5, № 11. P. 507–517.
29. Traquair R.H. On the structure and classification of the Asterolepidae // The Annals and Magazine of Natural History, including Zoology, Botany, and Geology. Sixth series. 1888. V. 2, № 12. P. 485–504.
30. Woodward A.S. Outlines of Vertebrate Palaeontology for Students of Zoology. Cambridge: University Press, 1898. 470 p.
31. Young G.C. Reconstruction of the jaws and braincase in the devonian placoderm fish *Bothriolepis* // Palaeontology. 1984. V. 27, Pt. 3. P. 635–661.
32. Zittel K.A. Text-book of Palaeontology. L., N.-Y.: Macmillan and Co, 1902. 283 p.

REFERENCES

1. Berg L.S. System of modern and fossil agnaths and fishes. *Proceedings of Zoological Institute of Academy of Science of USSR*. 5 (2), 87–517 (1940) (in Russian).
2. Berg L.S. System of modern and fossil agnaths and fishes. Second edition. *Proceedings of Zoological Institute of Academy of Science of USSR*. 20, 2–285 (1955) (in Russian).
3. Borisyak A. *Course of Palaeontology. Part II: Vertebrates*. 394 p. (Moscow: Izdanie M. and S. Sabashnikovyykh, 1906) (in Russian).
4. Borisyak A. *Course of Palaeontology. Part III: Paleofaunistics and Index Fossils. I: Paleofaunistics*. 58 p. (Petrograd: Izdanie M. and S. Sabashnikovyykh, 1919) (in Russian).
5. Moloshnikov S.V. Devonian period of vertebrate evolution and its demonstration in the exposition at Earth Science Museum of Moscow State University. *Materiali nauchnoi konferencii «Lomonosovskie chteniya. Sektsiya museevedeniya»*. Pp. 38–40 (Moscow: MGU, 2012) (in Russian).
6. Moloshnikov S.V. History of Paleoichthyology in Russia (demonstration in the exposition at Earth Science Museum, Moscow State University). *Zhizn' Zemli*. 37, 157–169 (2015) (in Russian with English Abstract).
7. Obruchev D.V. Class Placodermi. *Plastinokozhie. Osnovi Paleontologii, Beschelyustnie i ribi*. Pp. 118–174 (Moscow: Nauka, 1964) (in Russian).

8. Agassiz L. *Monographie des poissons fossiles du vieux grès rouge ou système Dévonien (Old Red Sandstone) des Iles Britanniques et de Russie*. XXXVI+171 p. (Neuchâtel, 1844).
9. Béchar d I., Arsenault F., Cloutier R., Kerr J. The Devonian placoderm fish *Bothriolepis canadensis* revisited with three-dimensional digital imagery. *Palaeontologia Electronica*. **17** (1.2A), 19 (2014).
10. Cope E.D. The position of *Pterichthys* in the System. *American Naturalist*. **19** (3), 289–291 (1885).
11. Cope E.D. An interesting connecting genus of Chordata. *American Naturalist*. **20** (12), 1027–1031 (1886).
12. Cope E.D. Synopsis of the Families of Vertebrata. *American Naturalist*. **33** (274), 849–877 (1889).
13. Goodrich E.S. Vertebrata Craniata (First Fascicle: Cyclostomes and Fishes). *A Treatise on Zoology*. **9**. 518 p. (London: Adam and Charles Black, 1909).
14. Goodrich E.S. *Studies on the structure and development of Vertebrates*. XXX+837 p. (London: Macmillan and Co, 1930).
15. Kutorga S.S. *Beitrag zur Geognosie und Palaeontologie Dorpat's und seiner nachsten Umgebungen*. 45 s. (St. Petersburg, 1835).
16. Kutorga S.S. *Zweiter Beitrag zur Geognosie und Paläontologie Doprats und seiner nächsten Umgebungen*. 51 s. (St. Petersburg, 1837).
17. Lukševičs E. The orbito-nasal area of *Asterolepis ornata*, a Middle Devonian placoderm fish. *Journal of Vertebrate Paleontology*. **24** (4), 687–692 (2001).
18. M'Coy F. On some new fossil fish of the Carboniferous period. *The Annals and Magazine of Natural History, including Zoology, Botany, and Geology*. 2-nd series. **2** (7), 1–10 (1848).
19. Moloshnikov S.V. Devonian Antiarchs (Placodermi, Antiarchi) from Southern and Central European Russia. *Paleontological Journal*. **42** (7), 691–773 (2008).
20. Murchison R.I., Verneuil E., Keyserling A. *The geology of Russia in Europe and the Ural Mountains. I: Geology*. XXIV+700 p. (London-Paris, 1845).
21. Owen R. *Palaeontology or a systematic summary of extinct animals and their geological relations*. XV+420 p. (Edinburgh: Adam and Charles Black, 1860).
22. Pander Ch.H. *Ueber die Placodermen des Devonischen Systems*. 106 s. (St. Petersburg: Buchdrucker der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften, 1857).
23. Patten W. New facts concerning *Bothriolepis*. *The Biological Bulletin, Marine Biology Laboratory*. **7** (2), 113–124 (1904).
24. Patten W. *The Evolution of the Vertebrates and their kin*. 486 p. (Philadelphia: P. Blakiston's son and Co., 1912).
25. Romer A.S. *Vertebrate paleontology*. 468 p. (Chicago, London: University Chicago Press, 1966).
26. Stensiö E. Upper Devonian Vertebrates from East Greenland, collected by the Danish Greenland Expeditions in 1929 and 1930. *Meddelelser om Grønland*. **86** (1), 1–212 (1931).
27. Stensiö E. On the Placodermi of the Upper Devonian of East Greenland. II. Antiarchi: subfamily Bothriolepinae. *Palaeozoologica Groenlandica*. **2**, 622 p. (København, 1948).
28. Traquair R.H. Notes on the nomenclature of the fishes of the Old Red Sandstone of Great Britain. *Geological Magazine*. **5** (11), 507–517 (1888).
29. Traquair R.H. On the structure and classification of the Asterolepidae. *The Annals and Magazine of Natural History, including Zoology, Botany, and Geology*. Sixth series. **2** (12), 485–504 (1888).
30. Woodward A.S. *Outlines of Vertebrate Palaeontology for Students of Zoology*. 470 p. (Cambridge: University Press, 1898).
31. Young G.C. Reconstruction of the jaws and braincase in the devonian placoderm fish *Bothriolepis*. *Palaeontology*. **27** (3), 635–661 (1984).
32. Zittel K.A. *Text-book of Palaeontology*. 283 p. (London, New-York: Macmillan and Co, 1902).

АКТУАЛЬНАЯ ТЕРМИНОЛОГИЯ

УДК 504.07+56.01

ЗДОРОВЬЕ СРЕДЫ

В.В. Снакин¹

Рассмотрены термины и понятия, касающиеся проблем здоровья среды и связанных с ним понятий качества среды, здоровья населения. Существенное место уделено качеству жизни и показателям развития человеческого потенциала и развития общества, которые тесно связаны со здоровьем среды в широком понимании. После основной статьи термины расположены в алфавитном порядке. Во избежание чрезмерного списка литературы здесь даны краткие ссылки на источники; более детальную информацию можно найти в публикациях автора [6, 7, 9 и др.]. Отдельно рассматриваемые термины выделены курсивом.

Ключевые слова: болезни цивилизации, валеология, качество населения, здоровье населения, качество жизни, качество окружающей среды, норма, нормативы, экологическое нормирование, оценка риска, гомеостаз, устойчивость экосистемы.

ENVIRONMENTAL HEALTH

V.V. Snakin, Prof., Dr.Sc. (Biol.)

Lomonosov Moscow State University (the Earth Sciences Museum),
Institute of Basic Biological Problems of Russian Academy of Sciences

The article deals with terms and notions related to the concept of environmental health and the notions of environmental quality and population health which are closely connected with it. Much attention is given to the concept of life quality and human development indicators and development of society which are closely associated with environmental health in a broad sense. The terms following the leading article on sustainable development are listed alphabetically. In order to avoid a lengthy bibliography the author gives only short references to the sources; for more detailed information see the author's publications [6, 7, 9 and etc.].

Keywords: diseases of civilization, valeology, quality of population, population health, life quality, environmental quality, norm, standard, environmental regulation, risk assessment, homeostasis, ecosystem stability.

¹ Снакин Валерий Викторович – д.б.н., профессор, зав. сектором Музея землеведения МГУ; зав. лабораторией ландшафтной экологии Института фундаментальных проблем биологии РАН, snakin@mail.ru.

ЗДОРОВЬЕ СРЕДЫ – качество окружающей среды, необходимое для обеспечения здоровья человека и др. видов живых существ. Концепция здоровья среды предполагает развитие нового отношения к окружающей природной среде, согласующегося с формирующимся сейчас в обществе новым этическим подходом: окружающая природная среда не только должна обеспечивать нас необходимыми ресурсами, но и быть здорова для обеспечения как длительного благополучного существования живой природы, так и для *здоровья населения* [2]. Оценку здоровья среды возможно проводить по способности к поддержанию всех функций организмов на необходимом уровне – *гомеостазу*. При этом могут быть полезны биоиндикация, биотестирование, токсикологический контроль, биосенсоры и биомаркеры, анализ гормональных нарушений и мн. др. См. также *Оценка экологического состояния территории*.

БОЛЕЗНИ ЦИВИЛИЗАЦИИ, экологические заболевания населения – болезни человека, возникшие в результате издержек научно-технической революции (аллергия, гипертоническая болезнь, ишемическая болезнь сердца, рак, диабет, бронхиальная астма, болезни обмена веществ, язвенная болезнь желудка и двенадцатиперстной кишки, невроты, психические расстройства, болезнь Ю-Шо, Минамата, Итай-Итай, легионеллёз). Причинами таких болезней служат: возрастающее загрязнение окружающей среды (табл. 1), злоупотребление лекарственными препаратами, курением, алкоголем и наркотиками, избыточное питание, малоподвижный образ жизни, рост психосоциальных нагрузок и др. Болезни цивилизации особенно характерны для населения больших городов.

Таблица 1. Загрязняющие вещества и экологические заболевания населения [4].

Загрязняющие вещества	Экологические заболевания (место, дата первого описания)
Мышьяк в пищевых продуктах и воде	Рак кожи (провинция Кордоба, Аргентина), «чёрная стопа» (остров Тайвань, Чили)
Метилртуть в воде, рыбе	Болезнь Минамата (Япония, 1956)
Метилртуть в продуктах питания	Смертельные исходы – 495 человек, отравления – 6500 человек (Ирак, 1961)
Кадмий в воде и рисе	Болезнь Итай-Итай (Япония, 1946)
Загрязнение риса маслом, содержащим полихлорированные бифенилы (ПХБ)	Болезнь Ю-Шо (Япония, 1968); болезнь Ю-Ченг (остров Тайвань, 1978–1979)

БОЛЕЗНЬ – нарушение нормальной жизнедеятельности *организма*, обусловленное функциональными и/или морфологическими изменениями. Возникновение болезней связано с воздействием на организм вредных факторов окружающей среды (физических, химических, биологических, социальных), с его генетическими дефектами и т. д. В эволюционном смысле болезни представляют собой один из способов регуляции численности популяции и повышения адаптации вида к меняющимся условиям окружающей среды. См. также *Болезни цивилизации, Валеология, Здоровый образ жизни*.

ВАЛЕОЛОГИЯ [от лат. *valeo* – здравствовать, быть здоровым и гр. *logos* – слово, учение] – система знаний, умений и навыков по сохранению и повышению резервных возможностей здоровья человека в современных экологических условиях; основа *здорового образа жизни*.

ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ – потоки вещества, энергии или информации, приводящие к изменениям в состоянии *здоровья населения*. Согласно Д. Диксону и др. (2000), предполагаемое воздействие на здоровье населения может быть оценено

следующим соотношением: $dHi=bi \cdot POPi \cdot dA$, где dHi – изменение риска воздействия на здоровье i ; bi – наклон кривой «доза-эффект» для вида воздействия i ; $POPi$ – население, в отношении которого существует риск воздействия на здоровье вида воздействия i ; dA – изменение анализируемого фактора воздействия (напр., концентрации загрязняющего вещества).

ГОМЕОСТАЗ(ИС) [от гр. *homoios* – подобный, одинаковый и *stasis* – состояние, неподвижность] – состояние внутреннего динамического равновесия природной системы (организма, популяции), поддерживаемое регулярным возобновлением её основных структур, вещественно-энергетического состава и постоянной функциональной саморегуляцией её компонентов. Гомеостаз обеспечивает *стабильность системы*. На уровне организма гомеостазис заключается в обеспечении постоянства внутренней среды при резких колебаниях *параметров* окружающей среды.

ЗАБОЛЕВАЕМОСТЬ – медико-статистический показатель, характеризующий распространение *болезней* среди населения и его отдельных групп. Статистически оценивается количеством впервые выявленных, зарегистрированных за определённый период времени заболевших на 1000, 10000 или 100000 человек. Уровень заболеваемости и его динамика в течение ряда лет являются важнейшими показателями *здоровья населения*.

ЗАБОЛЕВАНИЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ – *болезнь*, возникающая исключительно или гл. обр. в результате неблагоприятных условий труда и профессиональных вредностей (напр., пневмокониоз, в частности, силикоз у шахтеров, хлоракне).

ЗАБОЛЕВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ – *болезнь*, происхождение которой связано с неблагоприятными экологическими условиями жизнедеятельности организма, прежде всего загрязнением окружающей среды. См. *Болезни цивилизации*.

ЗАБОЛЕВАНИЕ ЭНДЕМИЧНОЕ – *болезнь*, наблюдающаяся у людей на определённой территории и обусловленная природными и социальными условиями: стойкими природными очагами инфекционных *болезней*, биогеохимическими особенностями (недостаток йода – эндемичный зоб, недостаток фтора – кариес зубов).

ЗДОРОВЫЙ ОБРАЗ ЖИЗНИ (ЗОЖ) – поведение, базирующееся на научно-обоснованных санитарно-гигиенических нормативах, направленное на сохранение и укрепление *здоровья населения* в целом и каждого человека в частности. ЗОЖ – предпосылка для развития разных сторон жизнедеятельности *человека*, достижения им активного долголетия, полноценного выполнения социальных функций (общественной, трудовой, семейной, досуговой). Одна из гл. составляющих ЗОЖ – занятие физкультурой. С философско-социальных позиций ЗОЖ – глобальная социальная проблема, составная часть жизни общества в целом; при этом большое значение придаётся развитию сознания и мотивации. Актуальность ЗОЖ обусловлена возрастанием и изменением характера нагрузок на организм человека в результате усложнения общественной жизни, увеличения рисков техногенного, психологического, политического характеров, провоцирующих негативные сдвиги в состоянии *здоровья населения*. См. *Болезни цивилизации, Валеология*.

ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ (ЗН) – согласно Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), объективное состояние и субъективное чувство полного физического, психического и социального благополучия индивидуума. ЗН – основное свойство человеческой общности, её естественное состояние, отражающее индивидуальные приспособительные реакции каждого сочлена общности людей и способность всей общности наиболее эффективно осуществлять свои социальные и биологические функции в определённых условиях конкретного региона. Понятие ЗН непосредственно не несет в себе количественной меры. По оценкам ВОЗ, ориентировочный вклад различных факторов в ЗН: образ

жизни – 50–52 %, биология (генетика) человека – 20–22 %, окружающая среда – 18–22 %, здравоохранение – 7–12 %. Учитывая крайнюю неравномерность распределения населения России и неблагоприятную экологическую ситуацию в местах компактного проживания, имеются основания считать вклад экологических факторов для ЗН России более значительным: 40–50 % [3]. По данным ВОЗ (2012), каждый третий взрослый человек в мире имеет повышенное кровяное давление, которое является причиной ок. половины всех случаев смерти от инсульта и *болезней сердца*; каждый десятый – страдает диабетом; 12 % населения страдает от ожирения (самые высокие показатели – 26 % – в Американском регионе; самые низкие – 3 % – в Юго-Восточной Азии). См. также *Воздействие на здоровье населения, Заболеваемость*.

ИНДЕКС ЖИВОЙ ПЛАНЕТЫ, глобальный индекс живой планеты [англ. *Living Planet Index, LPI*] – показатель состояния природных экосистем планеты. Исчисляется в рамках ежегодного доклада Всемирного фонда дикой природы как среднее из трёх показателей: численность животных в лесах, в водных и морских экосистемах; каждый показатель отражает изменение популяции наиболее представительной выборки организмов в экосистеме. По имеющимся данным, Индекс живой планеты с 1970 по 2005 снизился почти на 30 % (для тропического пояса почти на 50 % и незначительно для умеренного пояса) вследствие сведения лесов, чрезмерной лесозаготовки и охоты.

ИНДЕКС ЗДОРОВЬЯ ГОРОДОВ – показатель качества окружающей среды в населённых пунктах, учитывающий вывоз отходов, загрязнение воздуха, пригодность воды для питья, инфекционные *заболевания*, медицинское обслуживание. Самый высокий индекс здоровья у Калгари (Канада, 121), Гонолулу (США, 120), Хельсинки (Финляндия, 119), Оттавы (Канада, 118), Осло (Норвегия, 117); самый низкий – у Баку (Азербайджан, 25), Антананариву (Мадагаскар, 26), Дакки (Бангладеш, 29), Бразавиля (Конго, 32) и Нджамены (Чад, 32).

ИНДЕКС КАЧЕСТВА ЖИЗНИ – см. *Индекс устойчивого экономического благосостояния, Индекс человеческого развития, Индекс экономической свободы*.

ИНДЕКС КАЧЕСТВА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ – количественный показатель состояния окружающей среды, различно выражаемый в зависимости от целей оценки: в баллах или в абсолютных единицах (напр., в величинах предельно допустимых концентраций – ПДК и др. характеристиках степени загрязнения отдельным веществом или группой веществ). См. *Индекс сохранности окружающей среды*.

ИНДЕКС СОХРАННОСТИ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ (ИСОС) – индекс состояния окружающей среды, подсчитываемый по 20 ключевым показателям, среди которых экосистемы и их нарушенность, влияние окружающей среды на людей, компетентность населения в проблемах экологии, совместное использование ресурсов. Самым высоким ИСОС считается для Финляндии (73,9), Норвегии (73,0), Швеции (72,6), Канады (70,6), Швейцарии (66,5); самым низким – для Кувейта (23,9), ОАЭ (25,7), Сев. Кореи (32,3), Гаити (34,8), Украины (35,0).

ИНДЕКС УСТОЙЧИВОГО ЭКОНОМИЧЕСКОГО БЛАГОСОСТОЯНИЯ (ИУЭБ) [англ. *Index of Sustainable Economic Welfare, ISEW*] – разработанный в начале 90-х годов неправительственной экологической организацией «New Economic Foundation» комплексный показатель процветания в качестве величины, альтернативной показателю валового национального продукта (ВНП). В отличие от последнего он учитывает такие категории, как богатство, накапливаемое в неформальном секторе экономики, баланс ресурсов, оставляемых будущим поколениям, увеличение неравенства доходов, обострение криминогенной обстановки и др. Если ухудшение окружающей среды ведёт к росту ВНП, поскольку

добавляется экономическая деятельность, призванная исправить ситуацию, то на ИУЭБ ухудшение качества окружающей среды отражается отрицательным образом. Если ранее ВВП и ИУЭБ тесно коррелировали, то с начала 1980-х годов эти показатели характеризуются не только низкой корреляцией, но даже разнонаправленной динамикой (рисунок). См. также *Индекс человеческого развития и Индекс экономической свободы*.



Рисунок. Динамика ИУЭБ и ВВП в США (по Э. Вайцзеккер и др., 2000).

ИНДЕКС УСТОЙЧИВОСТИ ВИДА – показатель устойчивости вида или популяции в биоценозе – коэффициент вариации общей биомассы вида или средней численности особей по многолетним данным.

ИНДЕКС ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ, индекс развития человеческого потенциала, индекс развития общества (ИЧР, ИРЧП) [англ. *Human Development Index, HDI*] – предложенный в рамках Программы ООН по развитию (ПРООН) показатель качества жизни и качества населения, состоящий из нескольких компонентов: продолжительности жизни; уровня грамотности взрослого населения; продолжительности школьного образования; доходов, измеряемых по уровню валового национального продукта (ВВП) на душу населения с учётом национальных особенностей и поправкой на официальный курс обмена валюты. ИЧР был разработан пакистанским экономистом Махбубомуль-Хакком (Mahbubul-Наq, 1934–98) в 1990-е гг. и с тех пор используется ООН как альтернативный показатель общественного прогресса, в противоположность чисто экономическим оценкам. Предполагается, что общественное развитие следует оценивать не только по национальному доходу, как это долго практиковалось, но также по достижениям в области здоровья и образования, которые поддаются измерению в большинстве государств. Принято, что страны, для которых ИЧР > 0,8, относятся к высокому уровню развития; 0,5–0,8 – среднему; < 0,5 – низкому уровню. Согласно Докладу ПРООН за 2011 рейтинг по ИЧР возглавляет Норвегия. В десятку лидеров рейтинга также вошли: Австралия, Нидерланды, Соединенные Штаты, Новая Зеландия, Канада, Ирландия, Лихтенштейн, Германия и Швеция. Россия находится в середине списка развитых, по оценке ПРООН, государств со следующими показателями: средняя ожидаемая продолжительность жизни при ро-

ждении – 68,8 лет; средняя продолжительность получения образования – 9,8 лет; средняя ожидаемая продолжительность получения образования – 14,1 лет; ВВП на душу населения – 14 561 долл. в год. При среднем ИЧР для Российской Федерации 0,755, разброс среди субъектов составлял от 0,866 для Тюменской обл., 0,846 для Москвы и 0,798 для Татарстана до 0,702 для Читинской обл. и Еврейской АО, 0,662 для Ингушетии и 0,651 для Тывы.

ИНДЕКС ЧЕПМЕНА, или **жизненный индекс** [англ. *vital index*] – предложенный в 1928 г. амер. экологом и энтомологом Р. Чепменом (Royal Norton Chapmen, 1889–1939) в статье «The Quantitative Analysis of Environmental Factors» индекс для обозначения отношения между биотическим потенциалом и сопротивлением среды. При этом Чепмен провел аналогию с законом Ома ($I = U/R$, где U – напряжение, R – сопротивление). Рассчитывается как отношение рождаемости к смертности, умноженное на 100.

ИНДЕКС ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ [*Environmental Sustainability Index, ESI*] – показатель, предложенный учёными Йельского и Колумбийского ун-тов (США) для Всемирного экономического форума в Давосе (2001). Определяется по 22 индикаторам, учитывающим: характеристики окружающей среды (воздуха, воды, почвы и экосистем); уровень загрязнения и воздействия на окружающую среду; потери общества от загрязнения в виде заболеваний, потерь продукции; социальные и институциональные возможности решать экологические проблемы; возможности решать глобальные экологические проблемы путём консолидации усилий для сохранения природы. Каждый индикатор определяется усреднением 2–5 переменных (всего 67 переменных).

ИНДЕКС ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СВОБОДЫ, **индекс свободы человечества** – предложенный в рамках Программы ООН по развитию (ПРООН) показатель *качества жизни*. Оценивает, насколько правительство страны может ограничить экономические отношения между отдельными людьми. Показатели для расчёта включают: свободу бизнеса, свободу торговли, налоговую свободу, свободу от правительства, денежную свободу, свободу инвестиций, финансовую свободу, защиту прав собственности, свободу от коррупции, свободу трудовых отношений. Все страны в рейтинге экономической свободы разделены на несколько категорий – свободные, в основном свободные, умеренно свободные, в основном несвободные и деспотичные. В 2009–11 первые позиции по этому индексу занимали Гонконг, Сингапур и Австралия; США на 6–9 месте; Россия на 143 позиции из 179 стран.

КАЧЕСТВО ЖИЗНИ ЧЕЛОВЕКА (КЖЧ) – комплексная характеристика экономических, политических, социальных и экологических факторов окружающей человека среды, определяющих состояние и интенсивность его деятельности. Вопрос о содержании и структуре понятия КЖЧ остается дискуссионным. С одной стороны, КЖЧ определяется соответствием среды жизни социально-психологическим установкам личности. С другой, – КЖЧ сводится к понятиям уровня, стиля или образа жизни; к иным содержательным областям: *качеству окружающей среды*, уровню стрессовых ситуаций и др. КЖЧ находит отражение в средней продолжительности жизни, уровне *здоровья населения*, инвалидности и др. показателях (т.е. в *качестве населения*). При этом особо следует учитывать национальные особенности и традиции народов. Так, для обеспечения принятых в Западной Европе, США, Японии стандартов качества жизни расходуется от 3,5 до 6 т.у.т. (тонн условного топлива) на 1 чел. в год; для реализации тех же стандартов в России необходимо 18 т.у.т. (добыча в России составляет ок. 8 т.у.т.). Разработка теории КЖЧ связана с именами А. Кампбелла, Ф. Конверса, У. Роджерса, Ф. Андруза, Л. Милбрейта в США; А. Мак-Кеннела, С. Райта в Великобритании; А. Михелоса в Канаде и др. С 1974 г. издаётся международный журнал «Social Indicators Research», посвященный исследованиям КЖЧ.

Это понятие широко используется в деятельности национальных и международных социально-политических организаций (ЮНЕСКО и др.). См. также *Индекс развития человеческого сообщества*, *Индекс свободы человечества*.

КАЧЕСТВО НАСЕЛЕНИЯ – комплексное понятие, характеризующее свойства определённой группы людей, населения к.-л. территории (страны) и включающее среднюю продолжительность предстоящей жизни, возрастную структуру, состояние здоровья, наследственность (генетический груз), уровень общего и профессионального образования, средний доход, покупательную способность, условия жизни и жилья, криминогенность обстановки и др. Одним из показателей качества населения является *индекс человеческого развития*. В значительной степени качество населения отражает *качество жизни и качество окружающей среды*.

КАЧЕСТВО ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ (КОС) – экологическое и антропоцентрическое понятие, отражающее устойчивое взаимоотношение человека и окружающей среды, характеризующее специфику этой среды. Согласно ФЗ РФ «Об охране окружающей среды», КОС характеризуется физическими, химическими, биологическими и иными показателями и (или) их совокупностью. КОС в существенной степени определяет *качество жизни* и критерием его, как правило, выступает состояние *здоровья населения*. Среда считается не здоровой или дискомфортной, если взаимоотношения человека со средой сопровождаются отклонениями в состоянии здоровья от нормы. Среда считается экстремальной, если при взаимоотношении человека со средой наблюдаются серьёзные необратимые изменения в состоянии *здоровья населения*. КОС – понятие относительное: различно для разных групп *населения*, меняется во времени как в связи с адаптационными изменениями организма, так и из-за накопления в нём негативных последствий. КОС регулируется санитарно-гигиеническими нормами. См. *Индекс здоровья городов*, *Индекс качества среды*, *Индекс сохранности окружающей среды*.

КАЧЕСТВО ОКРУЖАЮЩЕЙ ЧЕЛОВЕКА СРЕДЫ УСЛОВНОЕ – *качество среды*, рассматриваемое относительно одной из форм человеческих потребностей.

КРИТЕРИИ УСТОЙЧИВОСТИ – 1) количественные и качественные свойства математических моделей динамики систем, идентифицирующие соответствие структуры данной системы определённой форме устойчивости движения; 2) количественные и качественные значения переменных экологической системы, отражающие соответствие её состояния фундаментальным представлениям об устойчивом функционировании экосистем (напр., энергетика системы, показатели биоразнообразия, степень замкнутости круговорота и т. п.). См. также *Индекс устойчивого экономического благосостояния*, *Индекс устойчивости вида*.

НОРМА – согласно В.И. Далу [1], «общее правило, коему должно следовать во всех подобных случаях; образец или пример». Однако следует учитывать, что в ходе эволюции именно отклонения от нормы становятся зачатками нового, прогрессивного развития.

НОРМА ИДЕАЛЬНАЯ – 1) естественное состояние равновесной или стационарной природной системы либо её компонентов при условии полного отсутствия воздействия человека; 2) состояние окружающей среды, полностью отвечающее медико-биологическим потребностям человека.

НОРМА ОТНОШЕНИЙ – множество внутренних и внешних отношений, поддерживающее систему (напр., экосистему) в обл. равновесия или устойчивости.

НОРМА САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКАЯ – показатель состояния окружающей среды, поддержание которого гарантирует безопасные или оптимальные условия жизни человека. Поскольку некоторая часть любой популяции, в т. ч. человеческой (по некото-

рым оценкам до 20 %), отличается повышенной чувствительностью к факторам воздействия, обоснование нормы, обеспечивающей безопасность всего населения, представляется проблематичным.

НОРМА СОСТОЯНИЯ – состояние системы, отвечающее области её равновесия (локального минимума потенциальной энергии) и/или устойчивости. В естественных системах обычно область наиболее вероятных состояний.

НОРМА ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ – норма экологических систем, область равновесия в пространстве базовых экологических переменных, наиболее вероятное в пространстве и времени состояние экологических систем и их компонентов.

НОРМАТИВЫ В ОБЛАСТИ ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ, природоохранные нормативы, экологические нормативы (ЭН) – согласно ФЗ РФ «Об охране окружающей среды», установленные *нормативы качества окружающей среды и нормативы допустимого воздействия на окружающую среду*, при соблюдении которых обеспечивается устойчивое функционирование естественных экологических систем и сохраняется биологическое разнообразие. ЭН ограничивают негативное воздействие на окружающую среду, рассчитываются на основании экологических *регламентов* и в отличие от гигиенических нормативов, ориентированных на сохранение *здоровья населения*, нацелены на сохранение экосистем (ландшафтов) в целом (табл. 2). ЭН уточняются в соответствии с уровнем развития науки, технологии и экономики.

НОРМАТИВЫ ДОПУСТИМОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ на окружающую среду (НДВ) – предельные характеристики источников воздействия на окружающую среду, соблюдение которых в любом случае не может привести к нарушению установленных критериев *качества окружающей среды*. Нормативы предельно допустимых выбросов и сбросов загрязняющих веществ, а также вредных микроорганизмов, загрязняющих атмосферный воздух, воды, почвы, устанавливаются с учётом производственных мощностей объекта, данных о наличии мутагенного эффекта и иных вредных последствий по каждому источнику загрязнения, согласно действующим нормативам предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ в окружающей природной среде. Согласно ФЗ РФ «Об охране окружающей среды», установлены следующие НДВ: нормативы допустимых выбросов и сбросов загрязняющих веществ и микроорганизмов; нормативы образования отходов производства и потребления и лимиты на их размещение; нормативы допустимых физических воздействий (тепло, шум, вибрация, ионизирующее излучение, электромагнитные поля и др.); нормативы допустимого изъятия компонентов природной среды; *нормативы допустимой антропогенной нагрузки на окружающую среду* и др.

НОРМАТИВЫ ДОПУСТИМОЙ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ – нормативы, которые установлены в соответствии с величиной совокупного воздействия всех источников на окружающую среду и (или) отдельные компоненты природной среды в пределах конкретных территорий и (или) акваторий и при соблюдении которых обеспечивается устойчивое функционирование естественных экологических систем и сохраняется биологическое разнообразие.

НОРМАТИВЫ КАЧЕСТВА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ – нормативы, которые установлены в соответствии с физическими, химическими, биологическими и иными показателями для оценки состояния окружающей среды и при соблюдении которых обеспечивается благоприятная окружающая среда.

НОРМИРОВАНИЕ САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКОЕ – разработка *нормативов допустимой антропогенной нагрузки на окружающую среду и нормативов качества окружающей среды* на основе санитарно-гигиенического подхода (т.е. соблюдения сани-

Таблица 2. Нормативы экологически допустимых рекреационных нагрузок на ландшафт (Пустовойт, 1986)

Категория зелёных насаждений	Нагрузка, чел./га		
	Летняя	Зимняя	Круглогодичная
Леса:			
Темнохвойные	2	3	2,5
Светлохвойные	2,5	3,5	3,0
Мелколиственные	4	5	4,5
Широколиственные	7	9	8
Смешанные хвойнолиственные	4	5	4,5
Лесные луга	20	28	24
Пойменные луга	22,5	30	26

Примечание: в условиях низкорья (уклоны 3–9°) нагрузка уменьшается на 10 %, при уклонах 10–30° – на 50 %.

тарно-гигиенических норм, ориентированных на человека или др. биологические виды). Так, предельно допустимые нормы применения минеральных удобрений, средств защиты растений, стимуляторов роста и др. агрохимикатов в сельском хозяйстве устанавливаются в дозах, обеспечивающих соблюдение нормативов предельно допустимых остаточных количеств химических веществ в продуктах питания, охрану здоровья, сохранение генофонда. В России гигиенические нормативы установлены для более 600 веществ и ориентировочно безопасные уровни воздействия (ОБУВ) – для более 1500 веществ. При этом установлены два типа нормативов: определяющие среднюю предельно допустимую концентрацию за 24 часа – ПДКв и максимальную разовую концентрацию за 20 мин – ПДК_{мр}. В большинстве стран мира существуют также среднегодовые и среднемесячные нормативы. Ср. *Нормирование экологическое*.

НОРМИРОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ, нормирование в области охраны окружающей среды – научная, правовая, административная и иная деятельность, направленная на установление различных *нормативов* – предельно допустимых норм воздействия (критическая нагрузка, критический уровень загрязняющего вещества и др.) на окружающую природную среду, нормативов *качества окружающей среды*, а также гос. стандартов и иных документов в обл. охраны окружающей среды, при соблюдении которых не происходит деградация экосистем, гарантируются сохранение биологического разнообразия и экологическая безопасность населения. Ср. *Нормирование санитарно-гигиеническое*.

ОЦЕНКА РИСКА – научный анализ возникновения риска (возможности опасной ситуации) на основе материалов с места исследования и баз данных с целью выявления опасности, определения экспозиции и степени опасности в конкретных условиях, в т. ч. на основании подхода «доза-эффект». Характеризует вероятность наступления негативного события (неблагоприятного и опасного природного явления, аварии, выброса, эпидемии и т.п.). Ориентировочные расчёты степени риска смерти от ряда загрязняющих веществ на уровне их фактических концентраций, содержащихся в атмосферном воздухе городов России, представлены в табл. 3.

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО РИСКА (ОЭР) [англ. *Environment Risk Assessment, ERA*] – процесс оценки вероятности возникновения обратимых или необратимых изменений в структуре и функции экосистем в ответ на антропогенное воздействие. ОЭР позволяет принять меры по предотвращению вредного воздействия. См. *Оценка риска*.

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ТЕРРИТОРИИ, оценка состояния окружающей среды – соотнесение реальной ситуации с идеальной и временной нормами по различным (стандартизированным) переменным, либо с исходным состоянием объекта. Один из возможных подходов для такой оценки включает: анализ морфозов древесной растительности (дихотомии стволов, флуктуирующей асимметрии листьев), биологической активности почвы, загрязнения окружающей среды, напряжённости геомагнитного поля совместно с показателями *здоровья населения* [8].

ПАРАМЕТРЫ СОСТОЯНИЯ ЭКОСИСТЕМЫ – наиболее общие (интегральные) информативные показатели функционирования экосистемы, позволяющие оценить её состояние, степень отклонения от *нормы*.

ПАРАМЕТРЫ ЭКОСИСТЕМЫ – величины, показатели, отражающие функциональные и консервативные свойства экосистемы: биологическая продуктивность, интенсивность круговорота, разнообразие и т. п.

РЕГЛАМЕНТ ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ – значение *параметра состояния экосистемы*, которое характеризует качественное изменение её реакции на антропогенные воздействия.

СОСТОЯНИЕ ЭКОСИСТЕМЫ – некоторое соотношение необходимого и достаточного числа *параметров*, описывающих положение экосистемы в пространстве её признаков (характеристика свойств биоты, почвы и т.п.). Состояние экосистемы – положение её в многомерном пространстве переменных в определённый момент времени.

СТАБИЛЬНОСТЬ ЭКОСИСТЕМЫ [от лат. *stabilis* – устойчивый] – постоянство *параметров* экосистемы в течение неопределённо долгого времени. Стабильность обеспечивается как постоянством внешних условий, так и *гомеостазисом* системы. Активную реакцию на изменение внешних условий характеризует *устойчивость экосистемы*. Протиположность стабильности – изменчивость экосистемы.

УСТОЙЧИВОСТЬ ЭКОСИСТЕМЫ (УЭ) – способность экосистемы к реакциям, пропорциональным по величине силе воздействия (отрицательные обратные связи в соответствии с принципом ЛеШателье), а также способность восстанавливаться после существенных внешних воздействий. УЭ не однозначно понятию *стабильность экосистемы*

Таблица 3. Расчёты степени риска смерти от загрязнения атмосферного воздуха (Ревич, Быков, 1998)

Вещество	Среднегодовая концентрация, мкг/м ³	Годовое число смертей в расчёте на 1 мкг/м ³ в год на 1 млн чел.	Численность населения, млн	Риск смерти (число смертей в год)
Взвешенные вещества	244	~ 4 (0,8-1,7)	22,4	21 000
Диоксид азота	75	менее 3	5,6	менее 1200
Бенз(а)пирен	0,005	~660 (25–13000)	13,9	45
Винилхлорид	50	~0,6 (0,01–1,2)	0,4	12
Бензол	37,6	~0,09 (0,06–0,12)	2,6	9
Формальдегид	18,7	~0,09	4,9	8,2
Мышьяк	0,6	~60	0,5	18
Кадмий	1,2	26	0,4	12,5
Никель	2,6	~5,3	0,6	8,3

и достигается совокупностью свойств, включающих буферность, рассеяние воздействия, адаптационные и регенеративные свойства. Существенным фактором УЭ является наличие фрактальной структуры. При превышении некоторой критической величины воздействия экосистема теряет устойчивость, возникают положительные обратные связи, ведущие к её разрушению. УЭ в некоторой степени условное понятие, поскольку любая природная система непрерывно развивается, а значит и изменяется во времени. Син.: Живучесть экосистемы, Жизнестойкость экосистемы. См. *Стабильность экосистемы, Критерии устойчивости*.

ЭКСПЕРТНАЯ ОЦЕНКА [от лат. *expertus* – опытный] – суждение специалиста о предполагаемом проекте, основанное на прежнем его опыте, часто без глубокой проработки вопроса на модельно-натурном исследовании [9].

ЛИТЕРАТУРА

1. *Даль В.И.* Толковый словарь живого великорусского языка. В 4-х т. М.: Русский язык, 1998.
2. *Захаров В.М.* Здоровье среды: концепция. М.: Центр экологической политики России, 2000. 30 с.
3. *Митенко Г.В., Снакин В.В., Присяжная А.А., Хрисанов В.Р., Юрин В.О.* Карта суммарного антропогенного воздействия на экосистемы субъектов Российской Федерации // Использование и охрана природных ресурсов в России. 2006. № 1(85). С. 118–121.
4. *Ревич Б.А.* Загрязнение окружающей среды и здоровье населения: Введение в экологическую эпидемиологию. М.: Изд-во МНЭПУ, 2001. 264 с.
5. *Реймерс Н.Ф.* Природопользование: Словарь-справочник. М.: Мысль, 1990. 639 с.
6. *Снакин В.В.* Глобальные экологические процессы и эволюция биосферы: Энциклопедический словарь. М.: Academia, 2013. 784 с.
7. *Снакин В.В.* Экология и природопользование в России: Энциклопедический словарь. М.: Academia, 2008. 816 с.
8. *Снакин В.В., Присяжная А.А., Косякова Н.И., Хрисанов В.Р., Митенко Г.В.* Здоровье среды и здоровье населения (на примере малого города России) // Жизнь Земли. 2017. Т. 39, № 2. С. 125–138.
9. *Снакин В.В., Пузаченко Ю.Г., Макаров С.В., Добрынина Н.Г., Алябина И.О., Кречетов П.П., Пузаченко А.Ю., Гусева Т.В.* Толковый словарь по охране природы. М.: Экология, 1995. 191 с.

REFERENCES

1. Dal' V.I. *Explanatory dictionary of the living Great Russian language*. In the 4th vols. (Moscow: Russkij Yazyk (Russian language), 1998) (in Russian).
2. Zakharov V.M. *Health of the environment: the concept*. 30 p. (Moscow: Center for Environmental Policy of Russia, 2000) (in Russian).
3. Mitenko G.V., Snakin V.V., Prisyazhnaya A.A., Khrisanov V.R., Yurin V.O. The map of total anthropogenic impact on the ecosystems of the Russian Federation subjects. *Use and protection of natural resources in Russia*. 1 (85), 118–121 (2006) (in Russian).
4. Revich B.A. *Pollution of the environment and public health: Introduction to environmental epidemiology*. 264 p. (Moscow: Izdatel'stvo MNEPU, 2001) (in Russian).
5. Reimers N.F. *Nature management: Dictionary-reference*. 639 p. (Moscow: Mysl' (Thought), 1990) (in Russian).
6. Snakin V.V. *Global environmental processes and the evolution of the biosphere: Encyclopedic Dictionary*. 784 p. (Moscow: Academia, 2013) (in Russian).
7. Snakin V.V. *Ecology and natural resources management in Russia*. 816 p. (Moscow: Academia, 2008) (in Russian).
8. Snakin V.V., Prisyazhnaya A.A., Mitenko G.V., Kosyakova N.I. State of the environment and risks to public health (on the example of the small town of Pushchino, Moscow Region). *Problems of Risk Analysis*. 14 (2), 22–37 (2017) (in Russian).
9. Snakin V.V., Puzachenko Yu.G., Makarov S.V., Dobrynina N.G., Alyabina I.O., Krechetov P.P., Puzachenko A.Yu., Guseva T.V. *Explanatory dictionary on nature protection*. 191 p. (Moscow: Ecologiya, 1995) (in Russian).

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 910+82.1

ГЕОГРАФ, ПОЭТ, НАСТАВНИК К 105-летию со дня рождения Ю.К. Ефремова

А.В. Дроздов¹

Стихи встают как горная гряда,
Игра их граней навсегда волшебна,
А вдоль подножий грудятся года
Стихов и прозы, словно шлейфы щекня.

Ю.К. Ефремов «Размышления за полстолетья
до столетья». 1963

Автор вспоминает роль известного географа и поэта Ю.К. Ефремова (1913–1999) в своем становлении как исследователя. Охарактеризованы присущие Юрию Константиновичу особенности его творчества. В их числе замечательная способность к синтезу научного знания и искусства, оригинальность трактовок, талант учителя.

Ключевые слова: синтез географии и искусства, Музей земледения МГУ.

GEOGRAPHER, POET, MENTOR The 105th anniversary of Yury K. Efremov's birthday

A.V. Drozdov, PhD

Institute of Geography of Russian Academy of Sciences

The author recalls Yury K. Efremov(1913–1999), the famous geographer and poet. His influence to the author's formation as a scientist was rather great. The article characterizes the main features of Efremov's creativity. These features are as follows: a wonderful ability to combine science and art, a unique interpretation of landscape details, an unforgettable mentor's talent.

Keywords: synthesis of geography and art, The Earth Sciences Museum.

Юрию Константиновичу Ефремову я обязан профессией. Вопреки семейной традиции осенью 1958 г. я оказался студентом не биофака, а геофака МГУ. Поступить на

¹ Дроздов Александр Владимирович – к.г.н., в.н.с. Института географии РАН, drozdov2009@gmail.com.
Жизнь Земли 40(2) 2018 239–242

геофак мне посоветовал Юрий Константинович. В тот год он встретил на каком-то собрании туристской секции Дома учёных мою маму – после почти тридцатилетнего перерыва. В двадцатых – тридцатых годах, ещё под флагом ОПТЭ (Общество пролетарского туризма и экскурсий) они вместе путешествовали по Кавказу. За эти тридцать лет мама стала профессором – электрофизиологом мозга. Юрий Константинович – известным географом и поэтом.

Вскоре он пригласил нас в Музей землеведения МГУ, который создавал, знал во всех деталях и о котором рассказывал с вдохновением и блеском. Вот после этой экскурсии я и решил поступать на геофак.

Через несколько дней после последнего вступительного экзамена я нашёл свою фамилию в списках абитуриентов, зачисленных на первый курс геофака. Начиналась студенческая жизнь.

На всем её протяжении я всегда мог рассчитывать на помощь Юрия Константиновича. И получал её всякий раз, когда просил совета, книгу, рекомендацию, просто разъяснения сложных проблем. Однажды спросил – а что такое топонимика и зачем она нам нужна? Фундаментальный словарь Эдуарда Макаровича Мурзаева ещё не был опубликован. И дисциплины этой в нашем учебном плане не было. Рекомендация последовала простая, но очень полезная – пойти на заседание Географического общества и послушать предстоящий вскоре доклад Мурзаева.

Таланты рассказчика, поэта, писателя, автора оригинальных, порой необычных, но всегда глубоких научных работ соединялись в творчестве Ю.К. Ефремова абсолютно органично. В его ранних стихах мне встретилась фраза, написанная ещё совсем молодым Юрием Ефремовым: «...сплести искусство и науку в один блистающий венок...». Не ручаюсь за точность, но смысл этой фразы был именно таков. Её можно считать девизом, которому Юрий Ефремов с юных лет был привержен всю жизнь.

Он любил французскую географическую школу, основанную Видалем де ла Блашем и развивавшуюся его коллегами Эммануэлем Мартонном [6], Пьером Гуру, Анри Боли. Их книги являлись воплощением географического синтеза, литературного мастерства и образной выразительности.

Многие страноведческие работы Юрия Константиновича с полным правом можно отнести к текстам именно такого жанра. Поражает оригинальность описаний и объяснений природы нагорий Передней Азии [4], продолжающих далеко на восток черты ландшафтов Средиземноморья. Книга «Курильское ожерелье» [2] настолько увлекательна, что ещё в студенческие годы я устремился туда и до сих пор отчетливо помню все острова гряды, на которых удалось побывать, помню их удивительные ландшафты. С тем путешествием связано моё знакомство с картами географического положения, составленными Юрием Константиновичем. Они поясняли контекст и факторы, формирующие ландшафты гряды. Вообще, широта взгляда на географические явления и анализ контекста – это характерная особенность творчества Юрия Константиновича.

Долгие годы Юрий Константинович был Учёным секретарём Московского филиала Географического общества СССР. Следуя его советам, я стал посещать заседания Общества. Там всегда ощущалась атмосфера свободной научной дискуссии, толерантности, новизны. Думаю, эту атмосферу впитали и эту школу прошли многие молодые географы. Поддерживали традиции Общества и дух царящей там академической свободы выдающиеся учёные того времени. Юрий Константинович – один из первых в их ряду.

Поэзия Юрия Константиновича отражала не только географичность мышления. Часто его шуточные стихи и, особенно, эпиграммы бывали очень метки и довольно

язвительны². Друзья не обижались. Но, к сожалению, росло число недоброжелателей. Научно-художественные монографии Юрия Константиновича [5] были образны и строги одновременно, но некоторым «обиженным» коллегам по цеху давали повод судить о них и их авторе несправедливо, иной раз пренебрежительно. В отличие от географов, литераторы оценили его творчество по достоинству – он стал членом Союза писателей.

Похоронен Юрий Константинович в любимых горах Западного Кавказа, на холме над Красной поляной [3]. Вероятно, выбор места в какой-то мере обусловлен расположением могилы Максимилиана Волошина в Коктебеле. От могилы Волошина открывается панорама Карадага и коктебельской бухты с домом-башней поэта на берегу. От могилы Юрия Константиновича мы видим просторную долину Мзымты и всю Красную поляну.

Юрий Константинович был желанным гостем в коктебельском доме Волошина, дружил с его вдовой Марией Степановной, заботился о ней и о сохранности дома. Этот дом поэта, недавно ставший музеем, возможно, послужил одним из прообразов Музея землеведения МГУ. Действительно, в построении экспозиции обоих музеев легко заметить сходство.



Юрий Константинович Ефремов в процессе детализации экспозиции Музея землеведения МГУ, 24 этаж Главного здания МГУ (фото 1963 г. из архива Музея землеведения).

В Музее землеведения первый уровень формируют витрины, заполненные артефактами – образцами минералов, растений, почвенными монолитами, чучелами зверей и птиц. Следующий средний уровень занимают таблицы, графики, карты, фо-

² Вот дружеская эпиграмма Е.Н. Лукашовой: «Легка, мила, забавна Евгенья Николавна. И выступает тонко. Но всё ж сказать резон – она не амазонка, а сущий амазон».

тографии, объясняющие тему, представленную артефактами. Между витринами расставлены скульптурные портреты учёных. Третий, верхний уровень отводится пейзажной живописи, корреспондирующей теме зала.

В башне Волошина в Коктебеле тоже трёхкомпонентная экспозиция – найденные поэтом на морских берегах артефакты (ветки, обломки корабельных досок, камни, обточенные водой), множество книг, акварели поэта. Бывавшим в башне памятен скульптурный портрет Таиах и стеллажи с книгами, уходящие вверх под самую крышу. Памятен ясно ощутимый дух свободной творческой жизни художника.

И случайно ли оба музея расположились в башнях? Университетский – между двадцать четвёртым и двадцать восьмым этажами в верхней четырёхгранной башне главного здания МГУ. Волошинский – в специально построенной шестигранной башне дома поэта, служившей мастерской и хранилищем дорогих его сердцу вещей.

Бесценный подарок мы получили от Юрия Константиновича и его соратников в 1960 году – первый принятый в нашей стране Закон об охране природы РСФСР. Брошюру с комментариями к закону Юрий Константинович издал под красноречивым названием – «Во имя вечной щедрости природы» [1].

Щедрым человеком был и он сам. Он охотно дарил нам свой талант. И был хорошим учителем. Он посоветовал мне после первого курса выбрать для продолжения учёбы Кафедру физической географии зарубежных стран. Он говорил: «Нужно с самого начала учиться понимать общие географические закономерности. Контекст очень важен в нашем деле. А погружаться в исследование конкретных территорий, вести полевые работы ты сможешь научиться позже. Конечно, это беда, что наши географы-зарубежники вынуждены быть заочными исследователями. Но, изучив страну или даже всю Землю, заочно – по книгам, картам, рассказам коллег – ты сможешь потом, оказавшись там, добывать важные знания очень целеустремленно.

Теперь, спустя годы, я понимаю – как важно в начале пути иметь такого незаурядного наставника, каким Юрий Константинович был не только для меня, но и для многих молодых географов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ефремов Ю.К. Во имя вечной щедрости природы. М.: Изд-во Знание, 1961. Сер. 12, геол. и геогр., вып. 16. 29 с.
2. Ефремов Ю.К. Курильское ожерелье. М.: Географгиз, 1962. 322 с.
3. Ефремов Ю.К. Над Красной Поляной. Краснодар: Изд-во «Платонов», 2013. 415 с.
4. Ефремов Ю.К. Передне-Азиатские нагорья // Зарубежная Азия. Физическая география. Учебное пособие. М.: Учпедгиз, 1956. С. 88–188.
5. Ефремов Ю.К. Природа моей страны. М.: Мысль, 1985. 350 с.
6. Мартонн Э. Центральная Европа. М.: Учпедгиз, 1938. 452 с.

REFERENCES

1. Efremov Yu.K. *For the eternal benevolence of nature*. 29 p. (Moscow: Znanie, 1961. Ser. 12, geol. i geogr., issue 16) (in Russian).
2. Efremov Yu.K. *Kuril Islands necklace*. 322 p. (Moscow: Geografiz, 1962) (in Russian).
3. Efremov Yu.K. *Above Red Grade*. 415 p. (Krasnodar: Publ. Platonov, 2013) (in Russian).
4. Efremov Yu.K. *Minor Asian highlands. Zarubezhnaya Aziya. Fizicheskaya geografiya*. Pp. 88–188 (Moscow: Uchpedgiz, 1956) (in Russian).
5. Efremov Yu.K. *The Nature of my country*. 350 p. (Moscow: Mysl'. 1985) (in Russian).
6. Martonn, Emmanuel. *The Central Europe*. 452 p. (Moscow: Uchpedgiz, 1938) (in Russian).

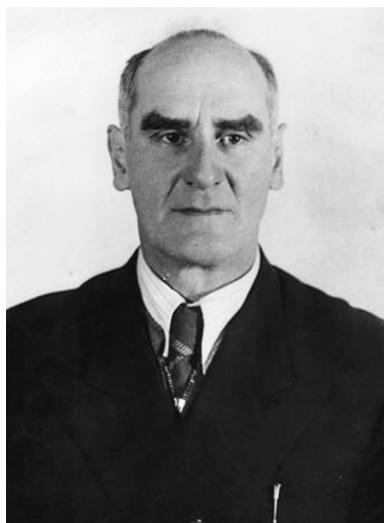
ХРОНИКА. СОБЫТИЯ

125 лет со дня рождения Ю.А. Орлова.

31 мая (12 июня) 2018 г. исполнилось 125 лет со дня рождения известного зоолога, палеонтолога, профессора Ленинградского (1933–1941) и Московского (1939–1966) университетов, заведующего кафедрой палеонтологии геолого-почвенного, а позже геологического факультета Московского университета (1943–1966), директора Палеонтологического института АН СССР (1945–1966), академика АН СССР Юрия Александровича Орлова.

Юрий Александрович родился в с. Томышево Сызранского уезда Симбирской губернии (ныне Новоспаский район Ульяновской области), провёл детство и учился в г. Вельске Вологодской губернии (ныне Архангельская область). Уже в детстве он увлёкся палеонтологией и собирал остатки ископаемых. Отец возил его на знаменитые раскопки профессора В.П. Амалицкого на Северной Двине, которые произвели на будущего учёного незабываемое впечатление. «В высоком-высоком обрыве была сделана огромная выемка, на дне которой лежали громоздкие, неправильной формы глыбы песчаника; внутри них были скелеты древних ящеров. Как раз перед этой поездкой отец купил мне книгу Гётчинсона «Вымершие чудовища». Теперь я и сам увидел, как их находят и добывают; немудрено, что раскопки произвели на меня неизгладимое впечатление, а этот день запомнился на всю жизнь», – так писал Юрий Александрович спустя многие годы.

В 1917 г. Ю.А. Орлов окончил естественное отделение физико-математического факультета Петроградского университета, в котором специализировался по зоологии, гистологии и антропологии у профессоров А.С. Догеля, В.А. Догеля и А.А. Заварзина. С 1916 по 1924 г. работал на естественном и медицинском факультетах Пермского университета, где принял участие в создании кафедры гистологии; затем преподавал гистологию и эмбриологию в Военно-медицинской академии в Ленинграде (1924–1935).



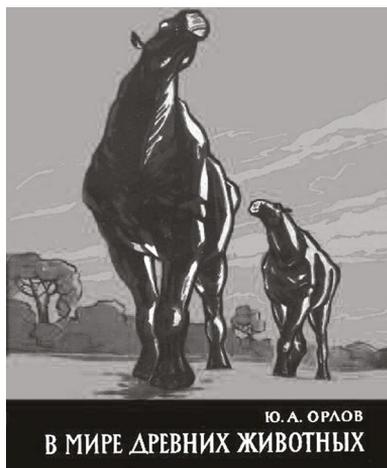
Юрий Александрович Орлов
(12.06.1893–02.10.1966).

По воспоминаниям Юрия Александровича, его всё время «тянуло из мрачного здания анатомического института с его банками, склянками и формалиновыми препаратами на природу; влекло к изучению истории Жизни по тем документам прошлого, поразительным по своей наглядности, которые встречаются в земле в виде окаменелых раковин и костей». И в 1925 г. по совету геолога, профессора П.И. Преображенского он провёл свой летний отпуск в поисках ископаемых позвоночных в Западной Сибири и в Северном Казахстане, а в 1928 г. уже открыл местонахождение неогеновой фауны «Гусиный перелёт» на правом берегу реки Иртыш в Павлодаре (Казахстан). В настоящее время оно известно как одно из крупнейших в Евразии местонахождений гиппарионовой фауны и находится под охраной государства.

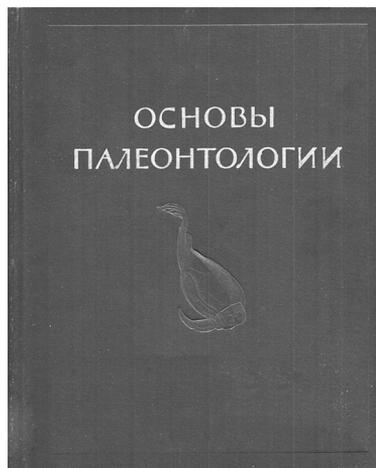
После геологических экспедиций Ю.А. Орлов работал не только как зоолог, гистолог, но и как палеонтолог и геолог; он был доцентом Горного института (1931–1933), состоял научным сотрудником в Геологическом комитете и старшим научным сотрудником в Геологическом музее АН СССР. С 1930 г. начал работать в Палеозоологическом (ныне Палеонтологическом) институте АН СССР, в 1932 г. был назначен заведующим отделом высших позвоночных этого института, а в 1945 г. стал его директором.

Основные работы Ю.А. Орлова в области зоологии посвящены нейрогистологии современных беспозвоночных животных, в палеонтологии – морфологии, филогении и систематике кайнозойских позвоночных животных: верблюдов, саблезубых кошек, гиен, барсуков, куниц, ластоногих. Он также изучал палеозойских зверообразных пресмыкающихся – дейноцефалов. В 1930-е годы им был открыт ряд крупных местонахождений пермских рептилий. Юрий Александрович участвовал в организации международных палеонтологических экспедиций в Монголию (1946–1949) и Китай (1959–1960). Им были заложены основы нового направления палеонтологических исследований – функциональной палеоневрологии, связанной с изучением закономерностей эволюции мозга.

В Московском университете Ю.А. Орлов читал курсы «Палеонтология», «Палеонтология позвоночных», «Основные проблемы палеонтологии». Он автор научно-



Обложка третьего издания научно-популярной книги Ю.А. Орлова о древних позвоночных животных (1989 г.).



Один из пятнадцати томов издания «Основы палеонтологии».

популярной книги «В мире древних животных», выдержавшей три издания. В книге рассказано о многолетних исследованиях на территории бывшего Советского Союза от Архангельской области до Средней Азии и Сибири, а также в Монголии, проводившихся Палеонтологическим институтом АН СССР. Юрий Александрович был главным редактором «Палеонтологического журнала» (1958–1966), а также главным редактором пятнадцатитомного издания «Основы палеонтологии» (1958–1964).

В 1949 г. за работу «*Peruniinae*, новое подсемейство из неогена Евразии (к филологии куниц)» (Труды Палеонтологического института АН СССР, 1947. Т. 10. Вып. 3) Ю.А. Орлову была присуждена премия имени А.А. Борисяка, а в 1967 г. он посмертно удостоен Ленинской премии. Имя Юрия Александровича Орлова носит Палеонтологический музей в Москве. В его честь названы виды ископаемых беспозвоночных и позвоночных животных, в том числе один из представителей гиппарионовой фауны – неогеновый безрогий носорог хилотерий (*Chilotherium orlovi* Bajmashov), реконструкция которого демонстрируется в зале «Кайнозойская история Земли» Музея землеведения МГУ имени М.В. Ломоносова.

С.В. Молошников, Е.М. Кирилишина

К 75-летию со дня рождения А.М. Гилярова.

Жизнь иногда преподносит встречи, которые потом определяют направление жизни. Такой и была для меня встреча с Алексеем Меркурьевичем Гиляровым. Я познакомилась с ним, когда училась на 3-м курсе биофака: надо было делать курсовую и кто-то на кафедре зоологии беспозвоночных подсказал мне, что есть молодой, но очень умный аспирант, который набирает группу для поездки в Лапландский заповедник, и он же может быть научным руководителем курсовой.

Мы, три студентки из одной группы, собрались с силами, подошли к А.М. и судьба курсовой была решена за 1 минуту. В конце июня мы приехали в потрясающий, нетронутый край с голубыми прозрачными озерами. А.М. был старше нас всего на каких-то 6 лет, казалось бы, откуда взяться авторитету?! Но он возник сразу, потому что Леша (мы его так начали называть сразу, как приехали на север) умел выполнять любую экспедиционную работу, включая приготовление каши с тушенкой (никто из нас, трёх девиц, готовить не умел).

Жизнь в экспедиции – ежедневный тяжёлый труд: собрать байдарки; сделать разрез (сбор планктонных и бентосных проб на определённом расстоянии друг от друга через всё озеро); посмотреть, что попало, и оценить, не нужно ли повторить сначала и пр. В общем, обычный режим. Самое интересное началось по вечерам, когда мы поняли, что Алексей знает наизусть поэтов Серебряного века – Ахматову, Мандельштама и современных, например, А. Тарковского, Б. Пастернака. Мы, совет-



Алексей Меркурьевич Гиляров
(19.05.1943–20.10.2013).

ские барышни, таких имен «слыхом не слыхивали». А как звучат их стихи в центре озера, с байдарки!!!

Так легко, без упреков, окриков и занудства он быстро приучил нас к экспедиционной работе, что мне потом очень пригодилось во время работы в Институте океанологии, где тоже было много работы на воде (но уже океана).

Мы были первым потоком студентов у А.М. Сколько этих потоков было потом, я сказать не могу, но уверена, что каждому он дал столько, сколько тот мог взять. Свой исследовательский дар он смог передать сначала нам, студентам, а позже аспирантам, коллегам, всем, с кем сталкивала судьба. Кроме гидрологии, для меня он открыл на всю оставшуюся жизнь Анну Ахматову. Когда читаю её стихи, всегда вспоминаю Лешу. Только через многие годы я смогла оценить, с каким фантастическим явлением-человеком меня столкнула жизнь.

У А.М. был какой-то ненавязчивый талант жить, и он им заражал. Он был художником в самом широком смысле слова: умело фотографировал (моё экспедиционное фото Алексей отослал на конкурс МГУ, для меня – это лучшая фотография юности); прекрасно рисовал (его семья и друзья недавно подготовили лучшие рисунки для издания календаря и открыток); понимал и любил классическую музыку (особенно XVIII в.). Но самый его главный талант – помочь молодому человеку понять себя. Лапландские практики (два лета) под авторитетным руководством А.М. помогли мне понять, что я могу и хочу заниматься наукой: я никогда потом не жалела, что выбрала этот путь.

Судьба мне подарила встречу с незаурядным, очень интересным и ставшим дорогим человеком – Алексеем Меркурьевичем Гиляровым.

Т.А. Горелова

V Всероссийская научно-практическая конференция «Медицинские музеи России: перспективы развития».

V Всероссийская конференция «Медицинские музеи России: перспективы развития» была проведена 5–6 апреля 2018 г. в Москве на базе Центра развития историко-медицинских музеев России Министерства здравоохранения Российской Федерации и Московского государственного медико-стоматологического университета (МГМСУ) им. И.А. Евдокимова. К числу организаторов конференции также относится Российское общество историков медицины (РОИМ). В этом году конференция, уже ставшая традиционной, привлекла особенно большое число участников: в её программу включено более 75 устных докладов.

После торжественного открытия конференции был заслушан обзорный доклад президента РОИМ, профессора К.А. Пашкова (Центр развития историко-медицинских музеев РФ, МГМСУ им. А.И. Евдокимова), посвящённый истории медицины в музейных коллекциях, а также ряд выступлений иностранных участников конференции. В докладе профессора Юриса Салакса (Музей истории медицины им. П. Страдыня, Рига, Латвия) «Другой Фаберже» были представлены интересные и почти неизвестные сведения о деятельности К. Фаберже в годы I Мировой войны, а именно, об изготовлении им медицинских инструментов, многочисленных подарков для воинов, предметов, связанных с деятельностью Красного креста. Это позволило по-новому взглянуть на личность знаменитого ювелира. Ю. Салакс сообщил также, что очередной Международный конгресс историков медицины состоится в 2020 г. в г. Риге и призвал всех присутствующих к участию.

Профессор университета Бари (Италия) Альфредо Мусайо-Сома рассказал в своём докладе о многочисленных коллекциях старинных восковых анатомических моделей и муляжей, находящихся в медицинских музеях Италии. Многие из этих моделей не только поражают точностью воспроизведения оригинала, но и являются настоящими произведениями изобразительного искусства. Паскаль Полье, английская исследовательница и художница, президент Европейской ассоциации научных и медицинских иллюстраторов, представила презентацию о современном методе изготовления гипсовых слепков, предваряя свои мастер-классы на эту тему. Мастер-классы «Изготовление гипсовых слепков» были проведены ею позднее на специальных заседаниях конференции.

Тема восковых анатомических моделей была продолжена в сообщении О.В. Окунёвой (Институт всеобщей истории РАН), посвящённом истории создания одной из анатомических моделей, сделанных по заказу Петра I в лаборатории Ж.-Г. Дюверне (Париж, Франция) и находящейся сегодня в Кунсткамере в Санкт-Петербурге. В докладе М.С. Туторской (МГМСУ им. А.И. Евдокимова) прозвучала гипотеза о возможном происхождении практики создания восковых муляжей и её связи с древними традициями погребальных обрядов.

Доклад Е.В. Воронцовой (Музей антропологии МГУ имени М.В. Ломоносова) был посвящён истории коллекции восковых моделей головного мозга человека, выполненных профессором Московского университета Д.Н. Зёрновым. В докладе профессора Е.Х. Баринаова (МГМСУ им. А.И. Евдокимова) освещена роль профессора Московского университета П.А. Минакова в развитии методов бальзамирования и создании консервирующих растворов для изготовления музейных препаратов.

В ряде докладов были затронуты актуальные вопросы, связанные с организацией и работой музеев, в частности, медицинских. Так, И.А. Гринько (управление музейно-туристского развития, ГАУК «Мосгортур») в своём докладе «Образы болезни в медицинских музеях» остановился на этической проблеме, обусловленной запретом показа несовершеннолетним зрителям экспонатов, связанных с проявлениями жестокости, насилия, секса и т. д. Эта проблема важна и для музеев, рассказывающих о войне, и для некоторых выставок в биологических музеях, но особенно остро она проявляется в отношении медицинских музеев. Однозначного решения не существует, однако докладчиком были приведены примеры дизайнерских решений, позволивших снизить её остроту.

Сообщение директора Российского медицинского музея Н.В. Чиж (МГМСУ им. А.И. Евдокимова) было посвящено другому актуальному вопросу музейного дела: регистрации в Государственном каталоге музейного фонда Российской Федерации предметов из коллекций медицинских музеев. На самом деле это сообщение имеет более широкое значение, поскольку относится к каталогизации экспонатов не только в медицинских, но и во многих других музеях.

Е.Е. Бергер (МГМСУ им. А.И. Евдокимова) рассказала о развитии международного проекта по сохранению историко-медицинского наследия (НИМЕТОР) и предложила всем желающим вносить на его портал сведения обо всех историко-медицинских памятниках (институтах, больницах, могилах врачей, связанных с медициной монументах и т. д.).

Значительное число докладов, прозвучавших на конференции, было посвящено созданию и экспозициям различных медицинских музеев (в Москве, Казани, Волгограде, Ростове-на-Дону, Тамбове, Оренбурге, Перми, Саратове, Воронеже, Ставрополе, Иркутске, Кирове, Твери, Курске, Самаре), а также различным вопросам истории

медицины. Конференция завершилась увлекательной экскурсией в Музей истории Главного военного клинического госпиталя им. Бурденко.

Н.Н. Колотилова

«Импактиты из коллекции В.П. Белова» – новая выставка в библиотеке геологического факультета МГУ.

Выставка посвящена памяти бывшего сотрудника Музея земледования МГУ Валентина Павловича Белова (30.01.1924–30.11.2014) – ветерана Великой Отечественной войны, геолога, петрографа, автора более ста научных публикаций, кандидата геолого-минералогических наук. Круг его научных интересов был необычайно широк – региональная геология, петрология и абсолютный возраст горных пород Казахстана, Кавказа, Восточной Сибири и Афганистана, петрология импактитов (горных пород метеоритных кратеров), сравнительная планетология.

С импактными метеоритными структурами (астроблемами) Валентин Павлович впервые столкнулся в 1973 г., когда Енисейская экспедиция геологического факультета МГУ работала на Попигайской астроблеме, и сразу увлёкся геологией астроблем и петрологией импактитов. В течение ряда лет он посетил астроблемы Попигай (1973), Янисъярви (1975), Карскую (1975), Ильинецкую (1976), где собрал образцы горных пород этих метеоритных структур, которые изучил петрографически. В витрине экспонируются изученные В.П. Беловым образцы импактитов этих четырёх астроблем из числа образцов, хранящихся в запасниках Музея земледования в виде авторской коллекции и обычно недоступных для посетителей Музея.



Материалы выставки в библиотеке геологического факультета МГУ.

На выставке представлены материалы по геологии перечисленных выше астроблем, литература по геологии астроблем и петрологии импактитов из фондов Научной библиотеки МГУ. Отдельный блок выставки посвящён биографии В.П. Белова и его вкладу в изучение метеоритных структур Земли.

Над созданием выставки работали сотрудники сектора геодинамики МЗ МГУ К.А. Скрипко, Л.Д. Семёнова, А.Н. Филаретова и коллектив Научной библиотеки геологического факультета МГУ.

К.А. Скрипко, Л.Д. Семёнова, А.Н. Филаретова

«Женщины и геология: первооткрыватели» – новая выставка в Музее земледения МГУ.

Выставка посвящена памяти пяти замечательных женщин-геологов нашей страны и сделанным ими открытиям (см. фото на 2 с. обложки). Она размещена в двух витринах на 28 этаже Музея.

Мария Васильевна Клёнова (1898–1976) – океанограф, д.г.-м.н. (1937), профессор (1937), Отличник Гидрометслужбы (1948), Лауреат премии им. академика И.М. Губкина (1962), Заслуженный деятель науки и техники РСФСР (1967). За заслуги перед отечественной наукой была также награждена орденом Ленина (в 1951) и орденом «Знак Почёта» (в 1975). В 1927 г. Мария Васильевна первой из женщин погрузилась в глубины моря в подводном аппарате. В 1929 г. она стала первой женщиной, возглавившей морскую экспедицию на научно-исследовательском судне (НИС «Персей» Полярного научно-исследовательского института морского рыбного хозяйства и океанографии им. Н.М. Книповича). В 1954 г. первой из женщин побывала с исследованиями на дрейфующей льдине полярной станции СП-4, а в 1956–57 гг. была единственной женщиной, участвовавшей в Первой Антарктической экспедиции. На выставке представлены её фундаментальное руководство «Геология моря», написанное ещё до войны, но изданное лишь в 1948 г., монография ««Геология Атлантического океана» (1975), созданная ею в соавторстве с В.М. Лавровым, фрагменты колонок донных илов, отобранных в Чёрном и Эгейском морях.

Татьяна Ивановна Устинова (1913–2009) – первооткрыватель камчатской Долины Гейзеров (1941) и её первый исследователь. Открытие Долины гейзеров – одно из крупнейших географических открытий XX века. Крупным гейзерам и пульсирующим источникам в Долине гейзеров Т.И. Устинова дала ёмкие названия, которые прочно закрепились в научной литературе благодаря их соответствию наблюдаемой картине деятельности гейзеров или характеру отложений гейзерита: Великан, Жемчужный, Сахарный, Тройной, Фонтан, Изумрудный грот и т. д. На выставке представлены книга Т.И. Устиновой «Камчатские гейзеры», образец гейзерита, отобранный ею в 1945 году из постройки гейзера Тройного, фотографии разных лет.

Мария Васильевна Бесова – первооткрыватель (1932) Джидинского месторождения вольфрамово-молибденовых руд – «вольфрамовой жемчужины страны» и впоследствии целого ряда других полезных ископаемых Бурятии, к.г.-м.н., заслуженный деятель науки и техники Бурятской АССР, кавалер двух орденов Трудового Красного Знамени. Джидинское месторождение стало одним из основных поставщиков вольфрама в нашей стране, а Джидинский вольфрамовый комбинат стал градообразующим предприятием; здесь вырос город Закаменск, ставший районным центром. На выставке представлены подаренный мэром города Закаменска Е.Н. Поляковым образец вольфрамита в кварце с первого, открытого Бесовой, Холтосонского участка Джидинского месторождения, монография М.В. Бесовой «Геология и минералогия Джидинского вольфрамового месторождения», книга об истории Джидинского месторождения «Вольфрамовая жемчужина страны».

Наталья Николаевна Сарсадских (1916–2013) и **Лариса Анатольевна Попугаева** (1923–1977) – две женщины, которым по праву принадлежит честь открытия первого в Якутии коренного месторождения алмаза – кимберлитовой трубки Зарница (1954).

Наталья Николаевна Сарсадских в 1938 г. закончила геолого-почвенный факультет Ленинградского университета по специальности «геохимия», кандидат геолого-минералогических наук. В 1957 г., в дни празднования 325-летия вхождения Якутии в состав России, она была награждена орденом Трудового Красного Знамени, в 1990-м

ей были вручены диплом и знак «Первооткрыватель месторождения», в 1994 г. выдано удостоверение почётного гражданина города Удачный, в 2005 г. присвоено звание «Заслуженный геолог Республики Саха (Якутии)», а 2 апреля 2014 г. (посмертно) – звание «Первооткрывателя» за открытие трубки Удачной. В 1992 г. алмазу весом 72,85 карата дано имя «Наталья Сарсадских».

Лариса Анатольевна Попугаева (Гринцевич) в 1950 г. закончила кафедру минералогии геолого-почвенного факультета Ленинградского университета, кандидат геолого-минералогических наук (1970). Лариса Попугаева в 1957 г. была награждена орденом Ленина, в 1970 – Почётным дипломом и знаком «Первооткрыватель месторождения». Её именем названы алмаз весом 29,4 карата, улицы в алмазных городах Удачном и Айхале. 17 июля 2004 г., в год 50-летия обнаружения трубки Зарница, в городе Удачном ей был открыт памятник. 2 апреля 2014 г. ей (как и Сарсадских, посмертно) присвоено звание «Первооткрывателя» за открытие трубки Удачной – самого богатого в России месторождения алмазов, а также звание «Почётный гражданин г. Удачный». На выставке представлены образцы кимберлитов разных трубок Якутии, минералы-спутники алмаза: пироп и пикроильменит, книга В.И. Костицына «Лариса Попугаева – первооткрывательница алмазов в России».

Над созданием выставки работали сотрудники сектора геодинамики МЗ МГУ Л.Д. Семёнова, А.Н. Филаретова, А.И. Гушин, Г.В. Брянцева, К.А. Скрипко, Е.П. Дубинин и коллектив Научной библиотеки геологического факультета МГУ.

К.А. Скрипко, Л.Д. Семёнова, А.Н. Филаретова

«Путешествие по жизни. В поисках настоящего». Выставка фоторабот В.М. Захарова в Музее землеведения МГУ.

В 2017 г. в Музее землеведения МГУ в торжественном зале – Ротонде (31 этаж ГЗ МГУ) прошла выставка фоторабот В.М. Захарова «Путешествие по жизни. В поисках настоящего», на которой было представлено семь серий фотографий (см. 4-ю с. обложки журнала). Представленные фотоматериалы органично дополняют интересные мысли автора, часть из которых представлена ниже.

«Каждое «изображение» – впечатление, подарок, шаг на пути в поисках настоящего.

Обычно в каждом месте получается ряд «изображений» – словно строчка в письме.

Как сделать «хорошую фотографию» – на то есть свои строгие правила. Если это «изображение» – скорее ощущение, впечатление – это иное, ближе к искусству (к музыке, к живописи, к письму). Специально обычно не получается. Всё по готовности. Обычный вопрос – «какая камера и где» – «сейчас поеду и сниму, даже лучше». А может быть. Но у каждого всегда что-то своё. Да и у тебя самого.

«Так получилось» – пожалуй, это лучшее объяснение для того, что получается. Обычно это происходит там, где находишь свои места, места энергетики, силы. Когда-то у себя «дома», когда-то где-то еще. Знаменитая фраза Льва Толстого: «счастлив тот, кто счастлив у себя дома». Он высоко ценил свою Ясную Поляну, но и он, в конце концов, пошёл куда-то ещё, ушел из «дома». У каждого всегда что-то своё.

Когда попадаешь в какое-то славное место, кажется, что никогда не уедешь. Но проходит совсем немного времени – и всё, «взял», ну сколько можно, пора.

И тут же дальше, вперёд. Путешествие продолжается. И эти «изображения» – ощущения. Фотоаппарат и блокнот – по сути одно, записная книжка для того, что получилось взять. Может быть и вправду «в поисках настоящего». Без «суеты», не «на продажу», и даже не «для искусства» – для себя. Разные места, разная энергетика.



Алтай. Фото В.М. Захарова.

Одно «изображение» вдохновило художника. Другое – отвлекло от суеты, помогло при болезни.

Может быть, всё это дали не только мне, так что цель – поделиться¹.

– Ну, а Вы что здесь делаете? – Я здесь путешествую. Все мы здесь гости, путешественники, только позволим себе осознать это в разной степени.

– Да я же в сказке.

– Ты сам себе её сделал и в ней живёшь.

– Каждый здесь живёт в том, в чём хочет, что выбрал и сделал для себя сам.

– Порой кажется самому, жизнь – сказка, а я – её сказочник.

– Ну, какой тебе ещё праздник – ты сам «человек-праздник», что тебе ещё нужно?

– А может быть, как и все, – мы для этого здесь.

Путешествие по жизни. В поисках настоящего. Вместо иллюзии конечности и познаваемости мира и принятых строгих правил игры – создание своей картины мира. За всем этим – тонкое шитье Мироздания. Каким ты увидишь его и увидишь ли вообще?

И на всё, что бы ни удалось сделать или понять – фраза, взрывающая твои прежние представления: – Рад, что у Вас что-то получается, но поверьте, жизнь ещё интереснее. Места энергетике, силы. Но важен и сам путь. Маршруты словно горят на карте пространства-времени.

Восходы, закаты, без конца раскрывается и задергивается занавес облаков и туманов.

Беспрерывное действие – всё время что-то происходит. Здесь одна стихия переходит в другую – часто и разобрать-то непросто. Единство мира.

Всё, на что падает луч, вспыхивает, разгорается и само становится источником света. Просветление. Одухотворение светом. Сколько же надо встретить рассветов, чтобы это произошло и с тобой?

Сюда опасно приезжать – хочется остаться. Ещё не уехал – начинаешь скучать, думаешь, как вернуться.

Ну, вот я и дома. Если дом там, где ты чаще бываешь, проводишь больше времени, – то я дома. Если дом там, где тебе хорошо, – то он там, я только из дома².

¹ В.М. Захаров. В поисках настоящего. Тула: «Изд-во Гриф и К», 2010, 52 с. илл.

² В.М. Захаров. Путешествие по жизни. М.: «Изд-во МБА», 2016, 76 с.

КНИЖНОЕ ОБОЗРЕНИЕ



А.М. Гиляров. Экология биосферы. М.: Издательство МГУ, 2016. 160 с. ISBN 978-5-19-011081-4.

Книга знакомит студентов биологических факультетов университетов, а также широкий круг читателей, интересующихся вопросами экологии и охраны окружающей среды, с проблемами функционирования живой оболочки нашей планеты – биосферы. Центральное место отведено биогеохимическим циклам углерода, кислорода, азота, серы и фосфора – важнейших химических элементов, без которых невозможна жизнь на Земле. Рассмотрены процессы эволюции биосферы со времени зарождения жизни, а также определяющая роль человека на самом последнем, современном нам, этапе развития биосферы. Изложение ведется на основе анализа новейшей научной литературы. Особую актуальность эта работа приобретает в свете разворачивающегося на наших глазах кризиса биоразнообразия и неутрачивающихся дискуссий о причинах и последствиях глобального изменения климата.

Керженцев А. С. Метаболизм биосферы – вечный двигатель жизни. Универсальный механизм функционирования живых систем. Lambert Academic Publishing, 2018. 111 с. ISBN 978-613-4-95928-5.

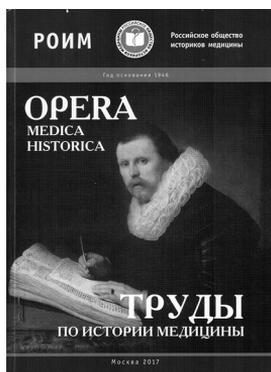
Метаболизм – универсальный механизм функционирования всех живых систем от клетки до биосферы, энергетический двигатель жизни на всех уровнях ее организации. В книге сделана попытка перенести полученные знания с уровня экосистем на уровень биосферы – экосистемы глобального масштаба. Метаболизм экосистем – это циклическая смена трёх функций, преобразующих живое вещество экосистемы: анаболизм, ренатуризм, катаболизм. Цикл метаболизма экосистем замкнут на 99 % за счёт минимального потребления ресурсов и минимального количества отходов, не превышающих 1 %. Изучение метаболизма экосистем позволило установить три фазы их жизнедеятельности: 1) зарождение и становление зональных экосистем; 2) функционирование зональных экосистем в стационарном режиме; 3) метаморфоз экосистем при изменении факторов среды. Фазы 1, 3 совершаются в реальном масштабе времени. Фаза 2 существует в геологическом масштабе времени и оставляет след в виде седиментов осадочных пород: карбонатные лёссы отложены степными экосистемами, покровные суглинки – лесными экосистемами умеренного пояса, латериты – тропическими экосистемами. Это календарь геологической истории Земли.

Для специалистов в области экологии, географии, геологии, почвоведения, геоботаники, студентов и аспирантов естественных факультетов вузов.



Российские женщины-учёные: наследие. По материалам Международной научной конференции «Столетию Великой русской революции: женские лица российской науки – наследие»: 7–8 ноября 2017 г., Москва, ИИЕТ РАН / Отв. ред. О.А. Валькова. М.: «Янус-К», 2017. 440 с.

Монография посвящена столетию установления юридического равноправия женщин в России. В ней проанализированы различные вопросы, касающиеся прежде всего установления равноправия женщин в профессиональной научной деятельности. Основной задачей международного авторского коллектива было выяснение наследия, оставленного российскими женщинами-учёными в период со второй половины XIX до начала XXI века. На основе значительного объема фактического материала (научного, документального, хранящегося в архивах и музеях страны), часто вводимого в научный оборот впервые, в книге анализируются биографии российских женщин-учёных, работавших в России и за рубежом в области физико-математических, естественных, медико-биологических, гуманитарных и общественных наук. Основные разделы книги: 1. Они были первыми: «учёные дамы» Российской империи; 2. Женское научное образование в Российской империи; 3. На переломе: женщины-учёные – современницы установления юридического равноправия полов в России; 4. В эру юридического равенства: женщины-учёные, родившиеся в СССР; 5. Женское научное зарубежье. Книга представляет интерес для специалистов в области истории науки, философов, психологов, учёных разных отраслей науки и техники, а также для широкого круга читателей, интересующихся историей наук и женского движения в России.



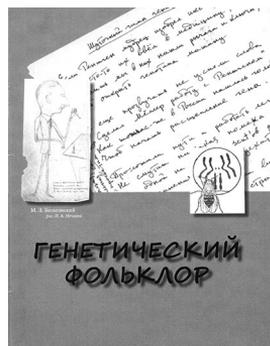
Opera medica historica. Труды по истории медицины: альманах РОИМ. Вып. 2 / Под ред. М.В. Поддубного. М.: Печатный дом «Магистраль», 2017. 664 с.

В альманахе, озаглавленном OPERA MEDICA HISTORICA («Труды по истории медицины»), представлены результаты исследований историков медицины последних лет, охватывающие мировую и отечественную историю медицины от древности до современности. Основные разделы сборника: 1. Общие вопросы истории медицины. Методология исторического исследования. 2. История медицины Древнего мира и Средних веков. 3. История медицины Нового времени. 4. История медицины Новейшего времени. 5. Научные школы в медицине. 6. Возвращённые имена. 7. Медицинский музей. 8. История медицины в искусстве. Выпуск альманаха подготовлен Российским обществом историков медицины при участии Московского медицинского медико-стоматологического университета им. А.И. Евдокимова.

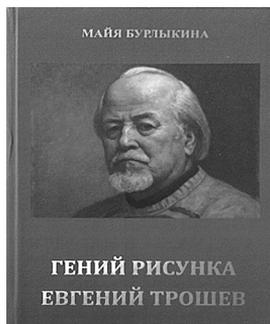
Альманах предназначен научным исследователям, медицинским работникам, учащимся медицинских учебных заведений, а также всем, интересующимся историей врачевания.

Генетический фольклор / Составитель Т.Б. Авруцкая. М.: ИОГен РАН, Мемориальный кабинет-музей Н.И. Вавилова. М.: Аквапель, 2017. 40 с.

В книге собраны поэтические произведения на генетические темы. Многие из них хранятся в Архиве РАН и в ряде личных архивов. Остроумные стихи, шуточные куплеты, пародии, эпиграммы отражают историю генетики в нашей стране. Их авторами были известные талантливые учёные-генетики: М.Л. Бельговский, Н.Н. Соколов, Д.В. Шаскольский, А.С. Серебровский и др. На долю этих учёных пришёлся расцвет молодой науки генетики в СССР, дискуссии по спорным вопросам, а затем запрет на научные исследования после разрома генетики на сессии ВАСХНИЛ 1948 года.



Книга предназначена для биологов, генетиков, селекционеров, историков науки и всех, кто интересуется историей нашей страны.



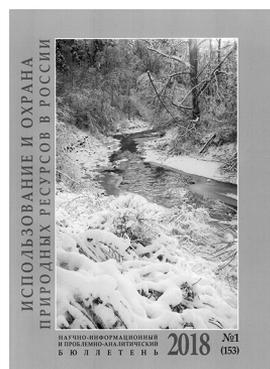
Бурлыкина М.И. Гений рисунка Евгений Трошев. Сыктывкар, 2018. 324 с.

Книга посвящена заслуженному деятелю искусств Республики Коми и России Евгению Николаевичу Трошеву (1928–2010) – талантливому художнику и педагогу, «московскому Чистякову», классику академического рисунка, уроженцу земли Коми (с. Помоздино), выпускнику и профессору Московского государственного академического художественного института имени В.И. Сурикова. Будучи разносторонним человеком, он увлекался астрономией, физикой, хорошо знал историю страны, прекрасно играл на гитаре, изготавливал телескопы, мастерил из дерева. В книге также воссоздан жизненный путь родных Евгения Трошева – Александры, Алексея и Василия Айбабиных, Николая и Сергея Трошевых, оказавших значительное влияние на формирование его личности и внесших весомый вклад в развитие экономики и культуры Коми края. При подготовке монографии использованы музейные и архивные источники, воспоминания коллег и родственников, другие материалы. Издание рассчитано на широкий круг читателей.

Использование и охрана природных ресурсов в России. 2018. № 1.

Использование и охрана природных ресурсов в России. 2018. № 1.

В первом выпуске научно-информационного и проблемно-аналитического бюллетеня опубликованы работы: Снакин В.В., Присяжная А.А. Доля почвенного покрова в стоимости природных ресурсов; Бобылов Ю.А. О привлечении иностранных инвестиций в редкометалльную промышленность России: ситуационный анализ; Богомолов Ю.Г., Голубев С.М., Ладыгин В.Ф. Водные ресурсы России: проблемы управления; Садчиков А.П., Котелевцев С.В., Орлов С.Н., Остроумов С.А. Качество воды и элементный состав органического вещества при его оседании в водоемах; Сапожников П.М., Столбовой В.С., Оглезнев А.К., Кузьмина В.И. Кадастровая оценка почв земель сельскохозяйственного назначения Оренбургской области; Мухаметдинов И.Р., Габдрахимов К.М., Латыпов Э.Р. Влияние лесоводственно-таксационных показателей материнского полога на возобновление сосновых древостоев Южного Урала; Шац М.М. Сохранение биоразнообразия культурных растений в криохранилищах, расположенных в условиях вечной мерзлоты; Мишин А.С., Мануйлова О.А., Базильская И.В. Мониторинг популяции кабана (*Sus scrofa L.*) на территории Воронежского заповедника и влияние на динамику численности кабана естественных факторов и эпизоотии африканской чумы свиней; Кокорин А.О. Нахождение баланса между снижением выбросов парниковых газов и адаптацией к изменениям климата; Наумкин Д.В., Лоскутова Н.М., Кутузов Я.Е. Оценка современного состояния редких видов позвоночных животных в заповеднике «Басеги» (Пермский край); Мосина Л.В., Жандарова Ю.А. Фиторемедиационная способность сельскохозяйственных культур извлекать тяжёлые металлы из полигонов ТБО (на примере полигона ТБО «Саларьево»); Игнатов Е.И., Ясенева Е.В. Анализ экологических показателей устойчивого развития Крыма; Присяжная А.А., Круглова С.А., Хрисанов В.Р., Снакин В.В. Картографирование редких и находящихся под угрозой исчезновения видов мохообразных; Писаренко А.И., Страхов В.В. Организация научных исследований по лесному хозяйству в Финляндии; Фомина В.Ф., Фомин А.В. Экологическая результативность Республики Коми в контексте «зеленой» экономики; Хизриева А.И., Муртузалиева С.Р. Коллекционный фонд из местной флоры на пришкольном участке; Страхов В.В. Рецензия на монографию В.Н. Седых «Таёжные будни».



Белов С.В. Земля и человек: загадки, парадоксы, закономерности. Изд-во «Lambert Academic Publ.», 2018. 121 с.

Излагаются вопросы взаимосвязи эндогенной активности Земли с биосоциальными процессами. Рассмотрены пространственно-временные закономерности главных проявлений эндогенной активности Земли – сейсмичности и вулканизма и дан прогноз их поведения на ближайшие десятилетия. Обоснована гелио-био-геологическая концепция развития Земли и обоснован антиэнтропийный характер развития планеты. Показано наличие потоков нейтронов внутриземного происхождения и выдвинута гипотеза о возможности ядерных реакций в ядре Земли. Показано влияние процессов, происходящих в земных недрах, на психофизическое состояние и здоровье человека. Даны примеры из истории геологических открытий. Охарактеризованы парадоксы времени и главный парадокс экологии.



Чумаков А.Н. Глобальный мир: столкновение интересов. М.: Проспект, 2018. 512 с.

Монография является заключительной частью трилогии, посвящённой авторской концепции общей теории глобализации. Опираясь на проведенные ранее исследования природы и направленности глобальных процессов, автор показывает многоплановую структуру и динамику развития современного мира, анализирует международные отношения в условиях всеобщей взаимозависимости. Особое внимание уделяется противоречивой природе как самого человека, так и общественных отношений, что лежит в основе столкновения различных интересов и непрекращающихся социальных конфликтов. Рассматриваются вероятные сценарии исторического развития и предлагаются наиболее оптимальные пути решения актуальных социально-экономических и политических проблем как для отдельных стран, так и для мирового сообщества в целом. Книга затрагивает широкий круг философских, гуманитарных и социально-политических проблем. Она содержит оригинальные авторские идеи и обобщения и адресована научным работникам, специалистам, а также широкому кругу читателей, интересующихся современными мировыми процессами и перспективами развития глобального мира.

TABLE OF CONTENTS

INTERACTION OF THE GEOSPHERES

THE LARGE-SCALE IMPACT EVENT DURING THE NEOARCHEAN TECTONO-MAGMATIC EVOLUTION OF THE OLENYOK RING STRUCTURE AND ITS AFTER-EFFECTS. *M.Z. Glukhovskii* (pp. 132–142)

SEA LEVEL CHANGE FORECASTING BASED ON SOLAR IRRADIANCE CALCULATIONS. *V.M. Fedorov* (pp. 143–151)

ENVIRONMENTAL HEALTH

ENVIRONMENTAL HEALTH CONCEPT: HISTORY AND PROSPECTS (MILESTONES). *V.M. Zakharov, A.V. Smurov* (pp. 152–157)

ENVIRONMENTAL QUALITY AND ENERGY COST OF ONTOGENESIS. *S.Yu. Kleymenov* (pp. 158–162)

PHENOLOGICAL TRENDS IN NATURE OF THE CENTRAL PART OF THE RUSSIAN PLAIN UNDER THE CONDITIONS OF MODERN WARMING. *A.A. Minin, E.Ya. Ran'kova, Yu.A. Buyvolov, I.I. Sapel'nikova, T.D. Filatova* (pp. 162–174)

STABILITY OF BIOTIC COMMUNITIES AND ELEMENTS OF FRACTAL GEOMETRY. *G.S. Rozenberg* (pp. 174–182)

THE PRACTICE OF ENVIRONMENTAL HEALTH ASSESSMENT: EFFICIENCY OF FLUCTUATING ASYMMETRY AND OTHER BIOINDICATION-BASED APPROACHES. *E.G. Shadrina, Ya.L. Vol'pert* (pp. 183–198)

MUSEUM EDUCATION

THE METHODOLOGY OF TEACHING THE COURSE 'GEOLOGICAL FORMATIONS' IN KHARKIV NATIONAL UNIVERSITY. *A.A. Kovalev, S.V. Goryajnov* (pp. 199–211)

MUSEUM NEWS

REUNION A CENTURY LATER. *D.Yu. Miloserdov* (pp. 212–217)

HISTORY OF SCIENCE

ANTIARCHS: FROM TUNICATES TO GNATHOSTOMATA. HISTORY OF PALAEOICHTHYOLOGICAL RESEARCH. *S.V. Moloshnikov* (pp. 218–227)

ACTUAL TERMINOLOGY

ENVIRONMENTAL HEALTH. *V.V. Snakin* (pp. 228–238)

BRIEF COMMUNICATIONS

GEOGRAPHER, POET, MENTOR. The 105th anniversary of Yury K. Efremov's birthday. *A.V. Drozdov* (pp. 239–242)

CHRONICLES. EVENTS

125th anniversary of the birth of Yu.A. Orlov (pp. 243–245)

75th anniversary of the birth of A.M. Guilyarov (*T.A. Gorelova*) (pp. 245–246)

Vth All-Russia scientific and practical conference on 'Russian medical museums: development prospects' (*N.N. Kolotilova*) (pp. 246–248)

'Impactites from V.P. Belov's collection' – a new exhibition in the library of the Faculty of Geology (MSU) (*K.A. Skripko, L.D. Semyonova, A.N. Filaretova*) (pp. 248)

'Women and geology: pioneers' – a new exhibition in the Earth Sciences Museum (MSU) (*K.A. Skripko, L.D. Semyonova, A.N. Filaretova*) (pp. 249–250)

'A voyage through life. In search of the real'. Exhibition of V.M. Zakharov photoworks in the Earth Sciences Museum (MSU) (pp. 250–251)

BOOK REVIEW (pp. 252–255)

TABLE OF CONTENTS (p. 256)

К СВЕДЕНИЮ АВТОРОВ

Журнал «Жизнь Земли» публикует результаты научно-исследовательской и музейно-методической работы сотрудников Музея землеведения, профильных факультетов МГУ имени М.В. Ломоносова, музеев высших учебных заведений и других ведомств по взаимодействию геосфер, естественнонаучной музеологии, музейной педагогике и истории науки.

Направляемые в журнал статьи и материалы следует оформлять в соответствии с правилами, принятыми в журнале.

Объём рукописи статьи не должен превышать 1 а. л. вместе со сносками, аннотациями и списком литературы (40 тыс. знаков, включая пробелы), для раздела «Краткие сообщения» – не более 0,25 а. л.

Материалы, набранные через 1,5 интервала 14 кеглем, следует передавать в редакцию в электронном виде по адресу: zhizn_zemli@mail.ru.

При наборе текста просьба различать буквы «е» и «ё»!

Схемы, графики, рисунки, фото и др. иллюстрационные материалы должны быть даны как в тексте, так и отдельно в графическом формате.

Ссылки на литературу даются в квадратных скобках номерами в соответствии с алфавитным списком литературы на русском языке. При цитировании следует указать при этом конкретную страницу первоисточника.

К рукописи прилагаются:

- название статьи и место работы авторов на английском языке, а также транслитерация фамилий авторов;
- резюме статьи и ключевые слова к ней на русском и английском языках (желательно англоязычный вариант резюме делать более подробным);
- список литературы на английском языке (references);
- авторская справка и данные для связи с автором(ами): ФИО, должность, звание, адрес, телефон, электронный адрес.

Более подробно правила для оформления статей опубликованы на сайте журнала ZhiznZemli.mes.msu.ru, где также можно познакомиться с предшествующими номерами журнала.

Рукописи рецензируются.

Редакция журнала оставляет за собой право отклонять статьи, оформленные не по правилам, а также не прошедшие рецензирование.

Публикуемые материалы могут не отражать точку зрения редакции.

Журнал включен в систему цитирования РИНЦ (договор 75-02/2017 от 15.02.2017)

Подписка на журнал «Жизнь Земли»

Подписной индекс: Э39904

Агентство «Книга-Сервис» и Агентство по распространению зарубежных изданий представляют интернет-магазин периодических изданий «Пресса по подписке».

На этом сайте Вы легко сможете оформить онлайн-подписку на журнал на 2018 год. Теперь не обязательно посещать отделение Почты России – Вы можете оформить подписку через Интернет по адресу: https://www.akc.ru/itm/z_hizn-zemli/

Легко выбрать, удобно оплатить. Подпишись и читай, не выходя из дома!

Вы можете купить подписку на печатную версию журнала «Жизнь Земли» на 2018 год (период: от 3 месяцев). Стоимость подписки — от 774.00 руб. Доставка изданий производится почтовыми бандеролями по России. Для юридических лиц доступна курьерская доставка по Москве.

Жизнь Земли: Междисциплинарный научно-практический журнал.
Ж71 Т. 40, №2. — М.: Издательство Московского университета; МАКС Пресс,
2018. — 128 с.

ISSN 0514-7468

ISBN 978-5-317-05845-6

ББК 26.3

DOI 10.29003/m28.0514-7468

DOI 10.29003/m103.0514-7468.2018_40_2/129-258

ЖИЗНЬ ЗЕМЛИ

Междисциплинарный научно-практический журнал

Том 40, № 2

2018 г.

Издание Музея земледения МГУ
Адрес: Москва, Ленинские горы, дом 1
zhizn_zemli@mail.ru
<http://zhiznzemli.ru>

<http://msupress.com/catalogue/magazines/geografiya/>

Редакторы: *В.В. Снакин, Л.В. Алексеева*
Вёрстка: *В.Р. Хрисанов*

Отпечатано с готового оригинал-макета

Подписано в печать 01.06.2018 г.

Формат 70x100 1/16. Усл.печ.л. 10,4. Тираж 300 экз. Изд. № 112. Заказ № 05969

Издательство ООО «МАКС Пресс»

Лицензия ИД N 00510 от 01.12.99 г.

119992, ГСП-2, Москва, Ленинские горы, МГУ им. М.В. Ломоносова,

2-й учебный корпус, 527 к.

Тел. 8(495)939-3890/91. Тел./Факс 8(495)939-3891.

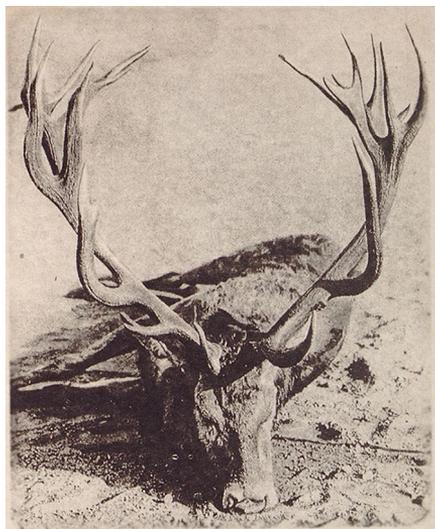
Отпечатано в типографии ООО «Паблит»

127282, Москва, ул. Полярная, д. 31В, стр. 1 Тел.: (495) 230-20-52

ВОССОЕДИНЕНИЕ СПУСТЯ СТОЛЕТИЕ (см. с. 212–217)

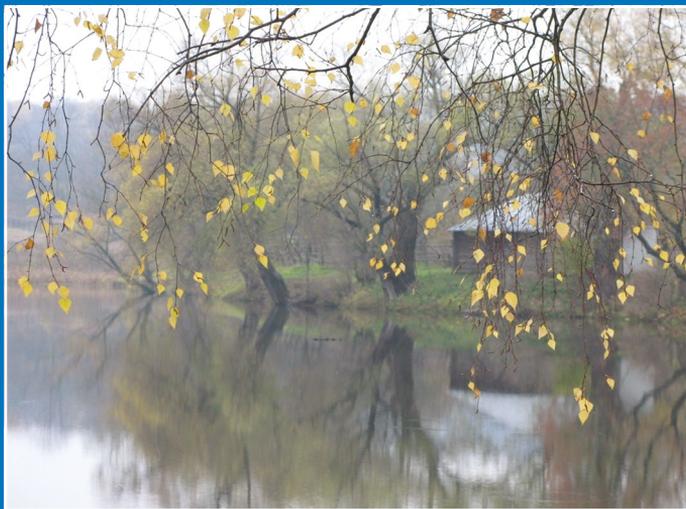


Участники великокняжеской охоты (Великий князь Николай Николаевич Романов младший и Генерал князь Виктор Сергеевич Кочубей) и их уникальная добыча (внизу)



Олень с рекордным числом отростков на рогах, за обладание которым спорили князь Виктор Сергеевич Кочубей и Великий князь Николай Николаевич в 1903 г.

ПУТЕШЕСТВИЕ ПО ЖИЗНИ. В ПОИСКАХ НАСТОЯЩЕГО
(см. с. 250–251)



Тула. Фото В.М. Захарова



Онтарио. Фото В.М. Захарова

