



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского»

ИЗВЕСТИЯ САРАТОВСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

Новая серия



Научный журнал
2019 Том 19

ISSN 1819-7663 (Print)
ISSN 2542-1921 (Online)

Издается с 2006 года

Серия Науки о Земле, выпуск 4

Продолжение «Известий Императорского Николаевского Университета» 1910–1918, «Ученых записок СГУ» 1923–1962,
«Известий Саратовского университета. Новая серия» 2001–2004

СОДЕРЖАНИЕ

Научный отдел

География

Богданов М. Б., Червяков М. Ю.

Оценка времени реакции и чувствительности
земной климатической системы к радиационному воздействию

216

Ломов С. П.

Почвенно-геохимические исследования
Маклашеевского II городища и реконструкция палеосреды
(культурный слой раннего железного века)

224

Насонов А. Н., Кульнев В. В., Цветков И. В., Шибалова Г. В., Кизеев А. Н., Насонов С. Н.

Применение фрактального анализа при лихеноиндикации
техногенного воздействия от линейного источника
загрязнения атмосферы

233

Новикова С. А., Шиховцев М. Ю.

Загрязнение атмосферного воздуха Иркутской агломерации
выбросами автомобильного транспорта

241

Скрыльник Г. П.

Устойчивость геосистем и геоэкологические риски
на территории российского Дальнего Востока

253

Уставщикова С. В.

Демографические аспекты развития населения
и урбанизации в Туркменистане

262

Геология

Первушов Е. М.

Contubernium Ochevi (Porifera, Hexactinellida)

267

Урман О. С., Шурыгин Б. Н., Дзюба О. С.

Новые палеонтолого-стратиграфические данные
по рязанскому региоярису в разрезах на р. Ока
(Центральная Россия)

279

Журнал включен в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук (специальности: 25.00.01; 25.00.02; 25.00.10; 25.00.23; 25.00.24; 25.00.30; 25.00.35; 25.00.36)

Зарегистрировано в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций.

Запись о регистрации СМИ ПИ № ФС77-76643 от 26 августа 2019 года

Индекс издания в объединенном каталоге «Пресса России» 36010, раздел 30 «Научно-технические издания. Известия РАН. Известия вузов». Журнал выходит 4 раза в год

Директор издательства

Бучко Ирина Юрьевна

Редактор

Малютина Елена Анатольевна

Художник

Соколов Дмитрий Валерьевич

Редактор-стилист

Кочкаева Инна Анатольевна

Верстка

Степанова Наталия Ивановна

Технический редактор

Каргин Игорь Анатольевич

Корректор

Певная Татьяна Константиновна

Адрес учредителя, издателя и издательства (редакции):

410012, Саратов, ул. Астраханская, 83

Тел.: (845-2) 51-45-49, 52-26-89

E-mail: izvestiya@info.sgu.ru

Подписано в печать 18.11.19.

Подписано в свет 02.12.19.

Формат 60x84 1/8.

Усл. печ. л. 9,07 (9,75).

Тираж 500 экз. Заказ 152-Т.

Цена свободная

Отпечатано в типографии
Саратовского университета.

Адрес типографии:

410012, Саратов, Б. Казачья, 112А

© Саратовский университет, 2019



ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

Журнал «Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия Науки о Земле» принимает к публикации на русском языке общетеоретические, методические, дискуссионные, критические статьи, результаты исследований в области наук о Земле, краткие сообщения и рецензии, а также хронику и информацию.

Объем публикуемой статьи не должен превышать 16 страниц, 5 рисунков и 4 таблиц.

Статья должна быть аккуратно оформлена и тщательно отредактирована.

Последовательность предоставления материала:

– на русском языке: индекс УДК, название статьи, инициалы и фамилии авторов, сведения об авторах (ученая степень, должность и место работы, e-mail), аннотация, ключевые слова, текст статьи, благодарности, ссылки на гранты, библиографический список;

– на английском языке: название статьи, инициалы и фамилии авторов, ORCID, место работы (вуз, почтовый адрес), e-mail, аннотация, ключевые слова.

Отдельным файлом приводятся сведения о статье: раздел журнала, УДК, авторы и название статьи (на русском и английском языках); сведения об авторах: фамилия, имя и отчество (полностью), e-mail, телефон (для ответственного за переписку обязательно указать сотовый или домашний). Если название статьи слишком длинное, то для колонтитула следует привести его краткий вариант.

Иллюстрации и таблицы должны быть представлены отдельным файлом в формате jpg, tiff, cdr, bmp, разрешением не меньше 300 dpi. Рисунки должны быть представлены в черно-белом виде.

Все материалы предоставляются как в бумажном, так и электронном виде.

Требования к аннотации и библиографическому списку:

– аннотация должна отражать основную суть публикации; оптимальный объем 500–600 знаков;

– в библиографическом списке должны быть указаны только процитированные в статье работы; ссылки на неопубликованные работы не допускаются.

Более подробная информация о правилах оформления статей, образцы оформления различных источников приведены вместе со стилевым файлом по адресу: www.geo.sgu.ru.

Датой поступления статьи считается дата поступления ее окончательного варианта. Возвращенная на доработку статья должна быть прислана в редакцию не позднее чем через три месяца. Возвращение статьи на доработку не означает, что статья будет опубликована, после переработки она вновь будет рецензироваться.

Материалы, отклоненные редколлегией, не возвращаются.

Адреса для переписки с редколлегией серии: farik26@yandex.ru; 410012, г. Саратов, ул. Астраханская, 83, географический факультет, ответственному секретарю журнала «Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия Науки о Земле».

CONTENTS

Scientific Part

Geography

Bogdanov M. B., Cherviakov M. Yu.

Estimation of Response Time and Sensitivity of the Earth's Climate System to Radiative Forcing 216

Lomov S. P.

Soil-geochemical Studies of Maklasheevka II Settlement and Reconstruction of Paleoenvironment (Cultural Layer of the Early Iron Age) 224

Nasonov A. N., Kul'nev V. V., Tsvetkov I. V., Shibalova G. V., Kizeev A. N., Nasonov S. N.

The Application of Fractal Analysis for the Lichen Indication of Technogenic Impact from a Linear Source of Atmospheric Pollution 233

Novikova S. A., Shikhovtsev M. Y.

Atmospheric Pollution of the Irkutsk Agglomeration by Automobile Emissions 241

Skrylnik G. P.

Stability of Geosystems and Geo-Environmental Risks on the Territory of the Russian Far East 253

Ustavshchikova S. V.

Demographic Aspects of Development of Population and Urbanization in Turkmenistan 262

Geology

Pervushov E. M.

Contubernium Ochevi (Porifera, Hexactinellida) 267

Urman O. S., Shurygin B. N., Dzyuba O. S.

New Paleontological and Stratigraphic Data on the Ryazanian Regiostage in the Oka River Sections (Central Russia) 279



**РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ ЖУРНАЛА
«ИЗВЕСТИЯ САРАТОВСКОГО УНИВЕРСИТЕТА. НОВАЯ СЕРИЯ.
СЕРИЯ: НАУКИ О ЗЕМЛЕ»**

Главный редактор

Макаров Владимир Зиновьевич, доктор геогр. наук, профессор (Саратов, Россия)

Заместитель главного редактора

Первушов Евгений Михайлович, доктор геол.-минерал. наук, профессор (Саратов, Россия)

Ответственный секретарь

Молочко Анна Вячеславовна, кандидат геогр. наук (Саратов, Россия)

Члены редакционной коллегии:

Валашик Иренеуш, действительный член Польской академии наук, профессор факультета Геологии Варшавского университета (Варшава, Польша)

Гужиков Андрей Юрьевич, доктор геол.-минерал. наук, профессор кафедры общей геологии и полезных ископаемых Саратовского национального исследовательского государственного университета имени Н. Г. Чернышевского (Саратов, Россия)

Диденко Алексей Николаевич, доктор геол.-минерал. наук, член-корреспондент РАН, директор ФГБУН Институт тектоники и геофизики имени Ю. А. Косыгина ДВО РАН (Хабаровск, Россия)

Коробов Александр Дмитриевич, доктор геол.-минерал. наук, профессор, заведующий кафедрой геологии и геохимии горючих ископаемых Саратовского национального исследовательского государственного университета имени Н. Г. Чернышевского (Саратов, Россия)

Семенов Юрий Михайлович, доктор геогр. наук, профессор, главный научный сотрудник Института географии им. В. Б. Сочавы СО РАН (Иркутск, Россия)

Хоецян Ашот Владимирович, доктор геогр. наук, профессор, заведующий кафедрой географии и методики ее преподавания Армянского государственного педагогического университета имени Х. Абовяна (Ереван, Армения)

Шурыгин Борис Николаевич, доктор геол.-минерал. наук, член-корреспондент РАН, заведующий лабораторией палеонтологии и стратиграфии мезозоя и кайнозоя Института нефтегазовой геологии и геофизики имени А. А. Трофимука СО РАН (Новосибирск, Россия)

**EDITORIAL BOARD OF THE JOURNAL
«IZVESTIYA OF SARATOV UNIVERSITY. NEW SERIES.
SERIES: EARTH SCIENCES»**

Editor-in-Chief – Vladimir Z. Makarov (Saratov, Russia)

Deputy Editor-in-Chief – Evgeniy M. Pervushov (Saratov, Russia)

Executive Secretary – Anna V. Molochko (Saratov, Russia)

Members of the Editorial Board:

Ireneusz P. Walaszczyk (Warsaw, Poland)

Andrey Yu. Guzhikov (Saratov, Russia)

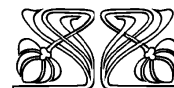
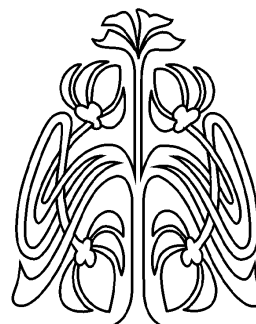
Aleksey N. Didenko (Khabarovsk, Russia)

Aleksandr D. Korobov (Saratov, Russia)

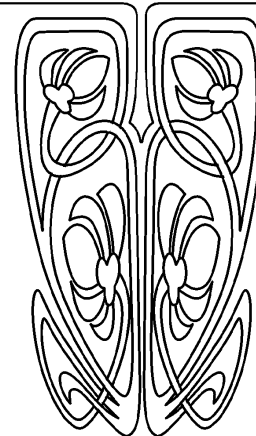
Yuriy M. Semenov (Irkutsk, Russia)

Ashot V. Khoetsyan (Erevan, Armenia)

Boris N. Shurygin (Novosibirsk, Russia)



**РЕДАКЦИОННАЯ
КОЛЛЕГИЯ**





ГЕОГРАФИЯ

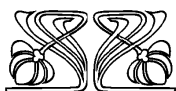
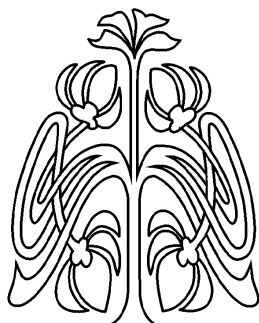
УДК 551.58

Оценка времени реакции и чувствительности земной климатической системы к радиационному воздействию

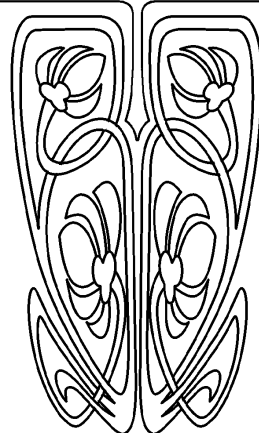
М. Б. Богданов, М. Ю. Червяков

Богданов Михаил Борисович, доктор физико-математических наук, инженер, Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, kafmeteo@mail.ru

Червяков Максим Юрьевич, кандидат географических наук, доцент, Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, chervyakovmu@mail.ru



НАУЧНЫЙ
ОТДЕЛ



Земная климатическая система (ЗКС) рассматривается как линейная система, входом которой является изменение солнечной постоянной, а выходом – аномалия глобально осредненной приповерхностной температуры. В результате восстановления импульсной передаточной характеристики системы на интервале времени до 100 мес. показано, что скорость ее реакции может быть охарактеризована постоянной времени 1.305 ± 0.026 мес. Чувствительность ЗКС к радиационному воздействию равна $0.320 \pm 0.074 \text{ K} \cdot \text{Вт}^{-1} \cdot \text{м}^2$, а коэффициент положительной обратной связи 1.07 ± 0.25 . Теплоемкость ЗКС на единицу площади составляет $10.7 \pm 2.6 \text{ МДж} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{м}^2$ и практически совпадает с теплоемкостью атмосферы. Поэтому реакция ЗКС на изменение радиационного воздействия на таком интервале времени может определяться атмосферными процессами.

Ключевые слова: земная климатическая система, импульсная передаточная характеристика, постоянная времени, чувствительность, теплоемкость.

Estimation of Response Time and Sensitivity of the Earth's Climate System to Radiative Forcing

M. B. Bogdanov, M. Yu. Cherviakov

Mikhail B. Bogdanov, <https://orcid.org/0000-0001-5305-8925>, Saratov State University, 83 Astrakhanskaya St., Saratov 410012, Russia, kafmeteo@mail.ru

Maksim Yu. Cherviakov, <https://orcid.org/0000-0002-7641-3392>, Saratov State University, 83 Astrakhanskaya St., Saratov 410012, Russia, chervyakovmu@mail.ru

The Earth's climate system (ECS) is considered as a linear system whose input is a change in the solar constant, and the output is an anomaly of the globally averaged surface temperature. As a result of the restoration, the impulse response of the system was obtained at time intervals up to 100 months. It has been shown that the response time of ECS can be characterized by a time constant of 1.305 ± 0.026 months. The sensitivity of ECS to radiative forcing is $0.320 \pm 0.074 \text{ K W}^{-1} \text{ m}^2$, and the positive feedback coefficient is 1.07 ± 0.25 . The heat capacity of the ECS per unit area is $10.7 \pm 2.6 \text{ MJ K}^{-1} \text{ m}^{-2}$ and practically coincides with the heat capacity of the atmosphere. Therefore, the reaction of ECS to a change in radiative forcing at such a time interval can be determined by atmospheric processes.

Keywords: the Earth's climate system, impulse response, time constant, sensitivity, heat capacity.

DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2019-19-4-216-223>

Введение

Многие авторы рассматривают простые модели земной климатической системы (ЗКС), описывающие связь аномалии глобально осредненных значений приповерхностной температуры $\Delta T(t)$ с изменением



внешнего радиационного воздействия на верхней границе атмосферы (ВГА) [1–7]. Такие модели, часто называемые нуль-мерными, несравнимы по сложности с моделями общей циркуляции атмосферы и океана (МОЦАО), применяемыми при изучении проблемы глобального изменения климата [8]. Однако получаемые с их помощью значения скорости реакции ЗКС и ее чувствительности к внешнему радиационному воздействию позволяют эффективно контролировать существующие МОЦАО [9]. Независимые оценки этих характеристик были получены также благодаря анализу автокорреляционной функции аномалии $\Delta T(t)$ [10–12].

В работе [6] была предложена методика восстановления импульсной передаточной характеристики $h(t)$ ЗКС, рассматриваемой как инвариантная во времени линейная система, и получены оценки $h(t)$ на интервале времени длиной до 100 мес. Предполагалось, что входным воздействием на ЗКС является изменение солнечной постоянной $\Delta I(t)$, а выходом системы – аномалия $\Delta T(t)$. При этом суммарное воздействие всех других факторов, способных повлиять на глобально осредненную температуру, рассматривалось как случайный шум. Знание $h(t)$ полностью характеризует линейную систему, в частности дает возможность оценить значения ее постоянной времени τ и чувствительности к радиационному воздействию λ . В свою очередь, эти характеристики позволяют найти эффективную теплоемкость той части глобальной системы «атмосфера–суша–океан», которая ответственна за реакцию на изменение радиационного воздействия с характерным временем τ [7]. К настоящему времени получены более продолжительные и точные ряды измерений $\Delta T(t)$ и $\Delta I(t)$. Поэтому важно выполнить оценку характеристик ЗКС с использованием нового наблюдательного материала.

Целями данной статьи являются получение импульсной передаточной характеристики ЗКС на интервалах времени до 100 мес., оценка ее постоянной времени и чувствительности к радиационному воздействию, а также коэффициента обратной связи, влияющего на величину чувствительности системы и эффективной теплоемкости.

Основные характеристики земной климатической системы

Будем рассматривать ЗКС как инвариантную во времени линейную систему, входным воздействием для которой является изменение солнечной постоянной $\Delta I(t)$, а выходом – аномалия $\Delta T(t)$. Известно, что такая система описывается обыкновенным неоднородным дифференциальным уравнением n -го порядка для $\Delta T(t)$ с постоянными коэффициентами, правой частью которого является входное воздействие $\Delta I(t)$. Число n называется также порядком системы. Подобное представление

ЗКС может вызвать обоснованную критику, так как, во-первых, реальная глобальная климатическая система не линейна, а во-вторых, существуют другие факторы, влияющие на изменение $\Delta T(t)$.

Нелинейность ЗКС может проявляться, в частности, в том, что ее характеристики зависят от величины внешнего радиационного воздействия. Однако на интервале времени около 40 лет, для которого имеются заатмосферные измерения солнечной постоянной, изменения $\Delta I(t)$ и $\Delta T(t)$ (в абсолютной шкале) составляют порядка десятой доли процента. В этом случае предположение о линейности ЗКС является вполне допустимым.

Вторая причина более существенна. Глобально осредненная температура подвержена влиянию ряда внутренних факторов системы, которые могут иметь как циклический (явление Эль-Ниньо, квазидвухлетний цикл), так и случайный (флуктуации концентрации вулканического аэрозоля) характер. Можно, однако, предположить, что совокупное влияние таких независимых факторов будет вести себя подобно случайному шуму. Данное предположение допускает проверку, результаты которой будут приведены ниже. Тем не менее необходимо, чтобы применяемая методика анализа данных обладала хорошей устойчивостью по отношению к шуму.

Одной из основных характеристик ЗКС является чувствительность к радиационному воздействию на ВГА λ , которая определяется как установившееся изменение температуры (в градусах К) при увеличении воздействия на $1 \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2}$. Значение этой характеристики легко может быть найдено при рассмотрении радиационного баланса безатмосферной планеты в приближении абсолютно черного тела и оказывается равным $\lambda_0 = 0.30 \text{ К} \cdot \text{Вт}^{-1} \cdot \text{м}^2$. При этом, реагируя на изменение радиационного воздействия, ЗКС ведет себя как линейная система первого порядка с постоянной времени $\tau_0 = C\lambda_0$, где C – теплоемкость на единицу площади поверхности планеты [7].

Оценки реальной чувствительности ЗКС λ , как правило, дают значения, превышающие λ_0 . Так, Межправительственная группа экспертов по изменению климата (МГЭИК, IPCC) использовала значение чувствительности $\lambda = 0.8 \pm 0.4 \text{ К} \cdot \text{Вт}^{-1} \cdot \text{м}^2$. В последнем докладе этой организации [8] величина λ не приведена, однако дается полученная осреднением по ансамблю МОЦАО CMIP5 величина повышения глобально осредненной температуры, соответствующая двукратному увеличению концентрации CO_2 в атмосфере. Ее среднее значение равно 3.2 К с 90%-м доверительным интервалом [2.1 К, 4.7 К]. С учетом того, что подобное увеличение концентрации парникового газа эквивалентно росту радиационного воздействия на $3.70 \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2}$ с соответствующим интервалом [2.96 $\text{Вт} \cdot \text{м}^{-2}$, 4.44 $\text{Вт} \cdot \text{м}^{-2}$] [8], можно получить среднее значение чувствительности $\lambda = 0.86 \text{ К} \cdot \text{Вт}^{-1} \cdot \text{м}^2$ с 90%-м доверительным интервалом [0.47 $\text{К} \cdot \text{Вт}^{-1} \cdot \text{м}^2$, 1.59 $\text{К} \cdot \text{Вт}^{-1} \cdot \text{м}^2$].



Увеличение чувствительности ЗКС по сравнению с безатмосферной планетой обычно объясняется наличием положительной обратной связи, которая может проявляться в уменьшении излучательной способности и (или) уменьшении планетарного альбеда с ростом температуры [7]. В первом приближении наличие обратной связи можно учесть, введя ее коэффициент f . Тогда эффективное значение чувствительности оказывается равным $\lambda = f\lambda_0$. При этом сохранение теплоемкости ЗКС требует соответствующего изменения постоянной времени $\tau = f\tau_0$.

Оценка характеристик ЗКС τ и λ позволяет определить величины коэффициента обратной связи f и эффективной теплоемкости системы C .

Импульсная передаточная характеристика и методика ее восстановления

Все свойства ЗКС, рассматриваемой как инвариантная во времени линейная система, определяются импульсной передаточной характеристикой $h(t)$, которая представляет собой выход системы при входном воздействии в виде $\delta(t)$ – функции Дирака. В теоретической физике $h(t)$ обычно называется функцией Грина. Сигналы на входе $\Delta I(t)$ и выходе $\Delta T(t)$ такой системы связаны интегральным уравнением типа свертки:

$$\Delta T(t) = \int_{-\infty}^{\infty} h(\xi)\Delta I(t - \xi)d\xi. \quad (1)$$

При известных сигналах на входе и выходе системы нахождение $h(t)$ сводится к решению некорректно поставленной обратной задачи для интегрального уравнения (1). Необходимым условием решения подобных задач является использование априорной информации о функции $h(t)$ [13].

Условие устойчивости системы требует, чтобы модуль $h(t)$ достаточно быстро убывал с ростом t . Будем считать, что эта функция отлична от нуля на интервале времени, не превышающем значение a , соответственно бесконечный верхний предел интеграла (1) заменим конечной величиной a . Выполнение принципа причинности возможно, если $h(t) = 0$ при $t < 0$. Поэтому нижний предел интеграла (1) можно положить равным нулю. Если левая часть уравнения (1) задана на интервале $[c, d]$, то функция $\Delta I(t)$ должна быть известна на интервале времени $[c - a, d]$.

Для системы первого порядка импульсная передаточная характеристика при $t \geq 0$ представлена выражением

$$h(t) = \frac{k}{\tau} \exp\left[-\frac{t}{\tau}\right],$$

где τ – постоянная времени, а k – коэффициент усиления системы. Эта характеристика представляет собой монотонно невозрастающую выпуклую вниз неотрицательную функцию. В случае

если ЗКС состоит из нескольких параллельно включенных независимых систем первого порядка (моделирующих влияние атмосферы, суши и океана) с разными значениями τ , результирующая характеристика $h(t)$, которая также принадлежит к указанному классу функций, будет суммой спадающих экспонент. Множество функций подобного вида представляет собой компакт [14]. Как известно, обратная задача для интегрального уравнения (1) на компактном множестве функций является корректной [14] и ее приближенное решение $h_m(t)$ может быть получено минимизацией функционала невязки:

$$\rho[h, \Delta T, \Delta I] = \int_c^d \left\{ \Delta T(t) - \int_0^a h(\xi)\Delta I(t - \xi)d\xi \right\}^2 dt. \quad (2)$$

Доказано, что при стремлении к нулю погрешностей задания входного и выходного сигналов системы $h_m(t)$ равномерно сходится к точному решению задачи $h(t)$ на всем интервале его определения за исключением точек разрыва [14]. Следует отметить, что сходимость гарантируется при любом характере возмущения левой части уравнения (1). Оно вовсе не обязательно должно быть чисто случайным. Поэтому наличие циклических глобальных процессов, подобных явлению Эль-Ниньо, не может повлиять на результат восстановления импульсной передаточной характеристики. Знание величин погрешностей задания $\Delta T(t)$ и $\Delta I(t)$ также не является необходимым, поскольку решение определяется по минимуму невязки. Доказанная сходимость гарантирует устойчивость получаемого решения по отношению к шуму.

Функционал невязки (2) является аналогом суммы квадратов отклонений в классическом методе наименьших квадратов. Известно, что при возмущении исходных данных, имеющем разные знаки и нулевое среднее значение, этот метод дает несмещенную оценку решения. Достаточным условием является выполнение требования конечности дисперсии возмущения.

Таким образом, находя экстремаль функционала (2) на множестве монотонно невозрастающих выпуклых вниз неотрицательных функций, отвечающем физике нашей задачи, мы получаем устойчивую оценку импульсной передаточной характеристики. При этом ЗКС может быть линейной системой первого порядка или совокупностью таких независимых подсистем с разными постоянными времени. Алгоритмы численной реализации процедуры минимизации и описания соответствующих компьютерных программ приведены в монографиях [14, 15]. Мы использовали эти программы с двумя модификациями: представление переменных с двойной точностью и применение для численного интегрирования формулы Симпсона.



Наблюдательные данные

Для солнечной постоянной был взят композитный ряд PMOD TSI среднесуточных значений, измеренных в новой шкале эксперимента VIRGO [16] (ftp://ftp.pmodwrc.ch/pub/data/irradiance/composite/composite_42_65_1805.dat/). Отдельные отсутствующие значения ряда были заполнены нами с применением линейной интерполяции, после чего проводился расчет среднемесячных значений. Изменения $\Delta I(t)$, полученные вычитанием среднего значения солнечной постоянной $1360.8782 \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2}$, показаны на рис. 1. По оси абсцисс отложено время, выраженное числом месяцев с начала ряда. Первый отсчет $\Delta I(t)$ соответствует ноябрю 1978 г., последний – маю 2018 г. Полное число отсчетов $N = 475$.

Для среднемесячных значений аномалии глобально осредненной приповерхностной температуры за тот же интервал времени был взят ряд NOAA GST (версия 4.0) [17, 18] с сервера

сети Интернет (ftp://ftp.ncdc.noaa.gov/pub/data/noaaglobaltemp/operational/timeseries/aravg.mon.land_ocean.90S.90N.v4.0.1.201806.asc/). Поскольку мы интересуемся скоростью реакции ЗКС на внешнее радиационное воздействие, то из ряда был вычтен линейный тренд $\Delta T(t) = a t + b$, коэффициенты которого $a = (1.374 \pm 0.041) \times 10^{-3} \text{ К} \cdot \text{мес.}^{-1}$, $b = (-8.85 \pm 1.12) \times 10^{-2} \text{ К}$ были найдены с использованием метода наименьших квадратов. Значения отклонений аномалии температуры $\Delta T(t)$ от линейного тренда показаны на рис. 2.

Нельзя исключить, что в изменениях $\Delta T(t)$ может проявлять себя составляющая с годичным периодом, отсутствующая в вариациях солнечной постоянной $\Delta I(t)$. Для устранения этого эффекта обычно применяется фильтрация из ряда $\Delta T(t)$ синусоиды с периодом 12 мес. и ее гармоник [6, 10]. Однако в нашем случае специальный анализ ряда $\Delta T(t)$ не выявил наличия сезонных изменений. Средние значения отклонений аномалии температуры от линейного тренда, свернутых с

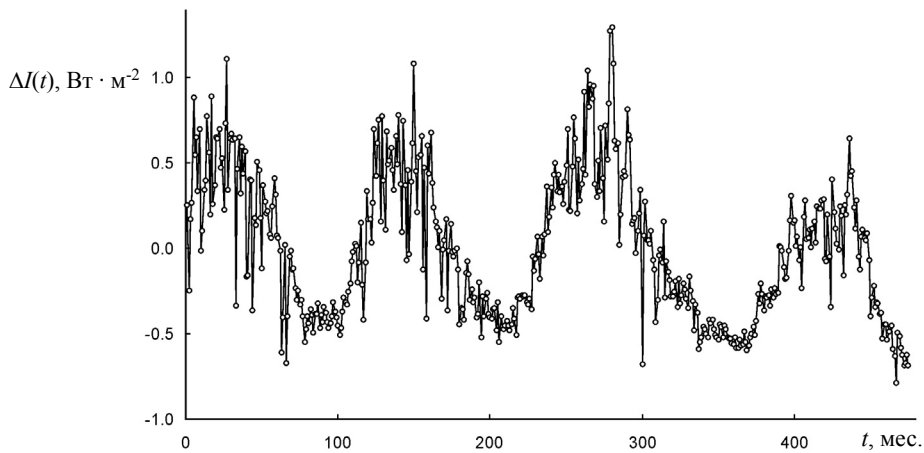


Рис. 1. Изменение солнечной постоянной по данным композитного ряда PMOD TSI

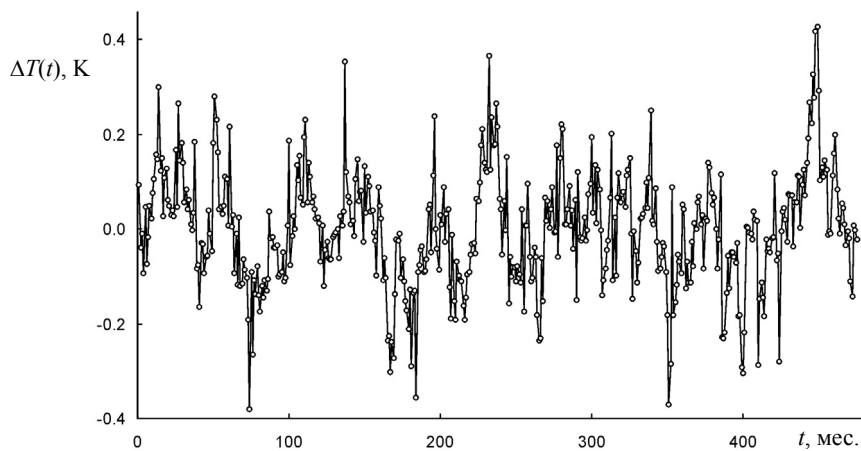


Рис. 2. Отклонения аномалии глобально осредненной приповерхностной температуры от линейного тренда



12-мес. периодом, приведены на рис. 3. Вертикальными отрезками на рис. 3 показаны среднеквадратические отклонения $\pm\sigma$. Как видно из рис. 3, для всех отсчетов нулевое значение попадает в интервал $\pm\sigma$, следовательно, гипотеза об отсутствии влияния сезонных изменений не может быть отвергнута на любом обычно применяемом уровне значимости.

Полученные результаты

Мы провели восстановление $h(t)$ на девяти интервалах длиной от $a = 17$ мес. до максимального значения $a = 101$ мес. В каждом случае был достигнут точный минимум функционала (2). Полученные средние значения отсчетов передаточной характеристики приведены на рис. 4.

Вертикальными отрезками на рис. 4 показаны среднеквадратические отклонения средних значений $\pm\sigma$.

Как видно из рис. 4, функция $h(t)$ сначала быстро убывает с ростом аргумента, а начиная с $t = 2$ мес., ее уменьшение становится достаточно плавным. Скорость реакции ЗКС на внешнее радиационное воздействие может характеризоваться значением эквивалентной постоянной времени τ , за которое принимается момент t , когда $h(t)$ уменьшается в $e = 2.718$ раз от максимума. Средняя величина эквивалентной постоянной времени оказалась равной $\tau = 1.305 \pm 0.026$ мес.

В качестве примера на рис. 5 толстой сплошной линией показана аномалия $\Delta T(t)$, соответствующая восстановленной характеристике $h(t)$ согласно интегральному уравнению (1) для

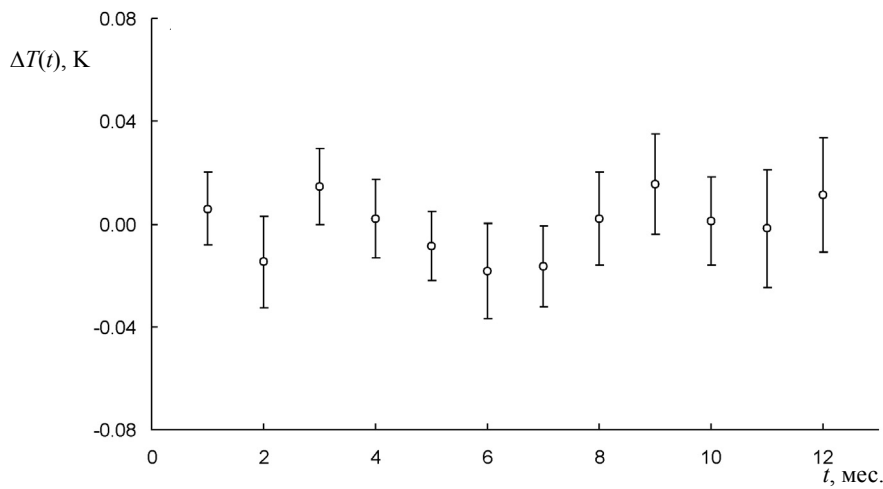


Рис. 3. Средние значения отклонений аномалии температуры от линейного тренда, свернутых с периодом 12 мес.

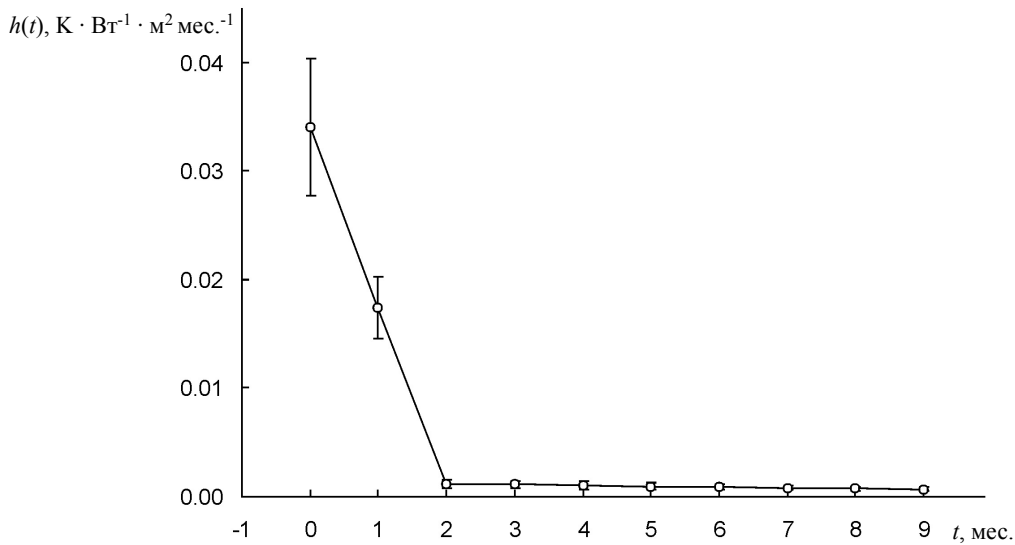


Рис. 4. Средние значения импульсной передаточной характеристики земной климатической системы

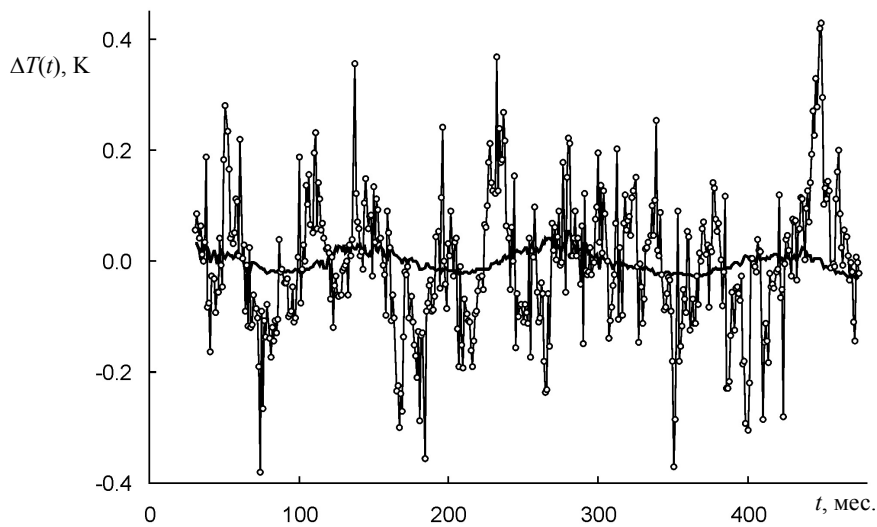


Рис. 5. Отклонения аномалии температуры от линейного тренда

$a = 31$ мес. Эта сплошная линия описывает возможную реакцию ЗКС как предполагаемой нами линейной системы на наблюдаемые изменения солнечной постоянной. Видно, что совокупное воздействие на глобальную температуру других факторов многократно превышает влияние изменений $\Delta I(t)$. Характер остаточных отклонений аномалий $\Delta T(t)$ на рис. 5 не противоречит предположению о случайном шуме, но более детальные выводы могут быть получены при их статистическом анализе. Естественно ожидать, что распределение этих отклонений должно быть близко к нормальному распределению с нулевым математическим ожиданием.

Среднее значение остаточных отклонений аномалии оказалось равным 0.00 К, а их стандартное отклонение 0.12 К. Мы выполнили проверку гипотезы о нормальности распределения остаточных отклонений аномалии температуры, соответствующих восстановленной импульсной передаточной характеристике, с использованием критерия Колмогорова–Смирнова. Найденное значение параметра Колмогорова $\Lambda = D\sqrt{N}$, где $D = 0.0428$ – модуль максимального различия теоретической и эмпирической функций распределения, а $N = 445$ – объем выборки, оказалось равным 0.903. Критическое значение параметра Колмогорова для уровня значимости $\alpha = 0.10$ равно 1.22. Таким образом, гипотеза о нормальности распределения не может быть отвергнута и исходное предположение о случайном характере суммарного воздействия внутренних факторов ЗКС, влияющих на глобальную температуру, представляется достаточно обоснованным.

Знание импульсной передаточной характеристики ЗКС позволяет оценить величину коэффициента усиления k , связывающего установивше-

еся изменение на выходе системы ΔT с заданным изменением входного сигнала ΔI : $\Delta T = k \Delta I$.

Эта величина определяется интегралом

$$k = \int_0^{\infty} h(t) dt.$$

По результатам наших расчетов численное интегрирование решений по формуле трапеций дает среднее значение $k = 0.056 \pm 0.013 \text{ К} \cdot \text{Вт}^{-1} \cdot \text{м}^2$. В свою очередь, знание k позволяет найти значение чувствительности ЗКС к изменению радиационного воздействия на ВГА:

$$\lambda = \frac{4k}{1 - \beta},$$

где β – среднее значение альбедо Земли. Принимая $\beta = 0.30$, получим среднюю величину чувствительности $\lambda = 0.320 \pm 0.074 \text{ К} \cdot \text{Вт}^{-1} \cdot \text{м}^2$. Таким образом, на малых интервалах времени чувствительность ЗКС к радиационному воздействию близка к чувствительности безатмосферной планеты.

Для найденного нами значения λ коэффициент обратной связи ЗКС $f = 1.07 \pm 0.25$, что существенно меньше величины, используемой МГЭИК [8]. Из приведенных выше данных последнего доклада этой организации можно получить среднее значение коэффициента $f = 2.87$ с 90%-м доверительным интервалом [1.57, 5.30]. Отмеченное противоречие можно объяснить. Считается, что время установления системы составляет 3τ , в нашем случае оно близко к 4 мес., в то время как МГЭИК оперирует со среднегодовыми значениями характеристик ЗКС на большом интервале времени. Коэффициент усиления k получается как интеграл от неотрицательной функции $h(t)$, и при увеличении интервала ин-



тегрирования он не должен уменьшаться. Полученные нами значения k , λ и f характерны для короткой временной реакции ЗКС и их следует рассматривать как нижние пределы соответствующих величин.

Найденные средние значения τ и λ позволяют оценить эффективную теплоемкость ЗКС на единицу площади – C , проявляющую себя при радиационном воздействии с характерным временем τ . Приняв среднюю продолжительность месяца 30.5 сут получим $C = 10.7 \pm \pm 2.6$ МДж \cdot К $^{-1}$ \cdot м $^{-2}$. Согласно А. С. Мони-ну [19], полная теплоемкость земной атмосферы составляет 5.32×10^{15} МДж \cdot К $^{-1}$. Разделив эту величину на площадь поверхности Земли, найдем $C_{\text{атм}} = 10.4$ МДж \cdot К $^{-1}$ \cdot м $^{-2}$. Таким образом, эффективная теплоемкость ЗКС оказывается практически равной теплоемкости атмосферы. Это говорит о том, что реакция ЗКС на изменение солнечной постоянной на рассматриваемом интервале времени может быть объяснена только атмосферными процессами.

Сравнение результатов с данными независимых исследований

Как уже отмечалось выше, полученное по данным МГЭИК [8] среднее значение чувствительности ЗКС к радиационному воздействию оказывается равным $\lambda = 0.86$ К \cdot Вт $^{-1}$ \cdot м 2 с 90%-м доверительным интервалом [0.47 К \cdot Вт $^{-1}$ \cdot м 2 , 1.59 К \cdot Вт $^{-1}$ \cdot м 2]. Оно найдено при анализе среднегодовых значений характеристик на большом интервале времени. Скорость реакции ЗКС в докладе [8] не оценивалась.

К настоящему времени выполнены исследования характеристик ЗКС, использующие ряды среднемесячных значений данных. Они основывались на анализе автокорреляционной функции ее выходного сигнала – аномалии глобально усредненных среднемесячных значений приповерхностной температуры $\Delta T(t)$. Кроме того, рядом авторов для описания аномалии $\Delta T(t)$ применялись модели множественной регрессии, которые наряду с вариацией солнечной постоянной $\Delta I(t)$ учитывали влияние аэрозоля, связанного с вулканическими извержениями, и изменения

температуры океана в регионе действия явления Эль-Ниньо.

Результаты независимых оценок постоянной времени ЗКС τ и чувствительности λ приведены в таблице, в последнем столбце которой даны рассчитанные нами значения эффективной теплоемкости на единицу площади поверхности Земли C , проявляющей себя при радиационных воздействиях с характерным временем τ . Описание методов, использованных разными авторами, можно найти в цитированной литературе. Сопоставление методик и их критический анализ приведены в работе [7].

Из анализа таблицы можно сделать вывод, что разные авторы и методики дают сравнительно близкие значения чувствительности λ , которые согласуются между собой в пределах оцененных погрешностей. Однако оценки времени реакции ЗКС различаются на два порядка. По-видимому, эти различия обусловлены методическими погрешностями [7]. Применяемый нами подход, основанный на восстановлении $h(t)$, отличается доказанной сходимостью решения к точному и его устойчивостью по отношению к случайному шуму. Поэтому полученные результаты могут рассматриваться как достаточно надежные.

Заключение

Использованная нами методика восстановления импульсной передаточной характеристики ЗКС на компактном множестве монотонно невозрастающих выпуклых вниз неотрицательных функций не налагает жестких модельных ограничений на вид $h(t)$. В этом случае ЗКС может быть линейной системой первого порядка или совокупностью таких независимых подсистем с разными постоянными времени.

По результатам восстановления $h(t)$ на интервалах времени длиной до 100 мес. получена величина постоянной времени $\tau = 1.305 \pm 0.026$ мес. и чувствительность к радиационному воздействию $\lambda = 0.320 \pm 0.074$ К \cdot Вт $^{-1}$ \cdot м 2 . Отметим, что данное значение τ определяет скорость реакции ЗКС на внешнее радиационное воздействие. О времени установления системы, которое из-за влияния океана должно существенно превышать длину

Характеристики земной климатической системы, полученные разными авторами

Авторы	Постоянная времени τ	Чувствительность λ , К \cdot Вт $^{-1}$ \cdot м 2	Теплоемкость C , МДж \cdot К $^{-1}$ \cdot м $^{-2}$
Douglass et al. [3]	3 мес.	0.63 ± 0.13	12.5 ± 2.6
Schwartz [10]	5 ± 1 год	0.30 ± 0.14	530 ± 350
Scafetta [11]	0.4 ± 0.1 и 8.7 ± 2 года	0.5	25.2 ± 6.3 550 ± 130
Schwartz [12]	8.5 ± 2.5 года	0.51 ± 0.26	530 ± 420
Lockwood [5]	0.78 года	0.30	82.1
Bogdanov et al. [6]	1.04 ± 0.17 мес.	0.41 ± 0.05	6.7 ± 1.9
Наша оценка	1.305 ± 0.026 мес.	0.320 ± 0.074	10.7 ± 2.6



анализируемых рядов, мы ничего не можем сказать. Соответственно полученное значение чувствительности справедливо для воздействий продолжительностью до нескольких месяцев. При этом коэффициент положительной обратной связи оказывается равным $f = 1.07 \pm 0.25$, а эффективная теплоемкость ЗКС на единицу площади $C = 10.7 \pm 2.6$ МДж \cdot К $^{-1}$ \cdot м $^{-2}$ и практически совпадает с теплоемкостью атмосферы. Можно сделать вывод, что реакция ЗКС на изменение радиационного воздействия на таком интервале времени обусловлена атмосферными процессами.

Поскольку $h(t)$ является неотрицательной функцией, то увеличение интервала ее интегрирования может приводить только к росту k и, соответственно, к росту чувствительности λ . Таким образом, полученную нами оценку λ следует рассматривать как нижний предел истинного значения.

Интересно будет применить данную методику к реконструированным рядам данных изменений солнечной постоянной и глобальной температуры. Это даст возможность получить информацию об импульсной передаточной характеристике, чувствительности и эффективной теплоемкости ЗКС на больших интервалах времени.

Библиографический список

1. Будыко М. И. Тепловой баланс земной поверхности. Л. : Гидрометеоздат, 1956. 255 с.
2. Винников К. Я. Чувствительность климата. Эмпирические исследования закономерностей современных изменений климата. Л. : Гидрометеоздат, 1986. 224 с.
3. Douglass D. H., Clader B. D., Knox R. S. Climate sensitivity of Earth to solar irradiance: update // Paper presented at 2004 solar radiation and climate (SORCE) meeting on decade variability in the Sun and the climate. Meredith, New Hampshire, 2004. P. 1–16 [Электронный ресурс]. URL: <http://arxiv.org/abs/physics/0411002> (дата обращения: 05.08.2019).
4. Vardavas I. M., Taylor F. W. Radiation and Climate. New York : Oxford University Press, 2007. 492 p.
5. Lockwood M. Recent changes in solar outputs and the global mean surface temperature. III. Analysis of contributions to global mean air surface temperature rise // Proc. Royal Soc. A. 2008. Vol. 464. P. 1387–1404.
6. Bogdanov M. B., Efremova T. Yu., Katrushchenko A. V. Estimation of impulse response of Earth's climate system at short time intervals // Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics. 2012. Vol. 86. P. 51–55.
7. Богданов М. Б., Ефремова Т. Ю., Катрущенко А. В. Оценка характеристик земной климатической системы по ее реакции на изменение солнечной постоянной // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2012. Т. 12, вып. 1. С. 3–8.
8. Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change / eds. T. F. Stocker [et al.]. Cambridge : Cambridge University Press, 2013. 1535 p.
9. Дымников В. П., Лыкозов В. Н., Володин Е. М. Моделирование климата и его изменений: современные проблемы // Вестник РАН. 2012. Т. 82, № 3. С. 227–336.
10. Schwartz S. E. Heat capacity, time constant, and sensitivity of Earth's climate system // Journal of Geophysical Research. 2007. Vol. 112. D24S05. DOI: 10.1029/2007JD008746
11. Scafetta N. Comment on "Heat capacity, time constant, and sensitivity of Earth's climate system" by S. E. Schwartz // Journal of Geophysical Research. 2008. Vol. 113. D15104. DOI: 10.1029/2007JD009586
12. Schwartz S. E. Reply to comments by G. Foster et al., R. Knutti et al., and N. Scafetta on «Heat capacity, time constant, and sensitivity of Earth's climate system» // Journal of Geophysical Research. 2008. Vol. 113. D15105. DOI: 10.1029/2008JD009872
13. Тихонов А. Н., Арсенин В. Я. Методы решения некорректных задач. М. : Наука, 1979. 142 с.
14. Тихонов А. Н., Гончарский А. В., Степанов В. В., Ягола А. Г. Регуляризирующие алгоритмы и априорная информация. М. : Наука, 1983. 200 с.
15. Гончарский А. В., Черепанчук А. М., Ягола А. Г. Некорректные задачи астрофизики. М. : Наука, 1985. 352 с.
16. Fröhlich C. Total solar irradiance: what have we learned from the last three cycles and the recent minimum? // Space Science Reviews. 2013. Vol. 176. P. 237–252.
17. Zhang H.-M., Huang B., Lawrimore J., Menne M., Smith T. M. NOAA Global Surface Temperature Dataset (NOAAGlobalTemp), Version 4.0. NOAA National Centers for Environmental Information. DOI: 10.7289/V5FN144H [Электронный ресурс]. URL: <ftp://ftp.ncdc.noaa.gov/pub/data/noaaglobaltemp/operational/timeseries/> (дата обращения: 15.07.2018).
18. Vose R. S., Arndt D., Banzon V. F. NOAA's merged land-ocean surface temperature analysis // Bulletin of the American Meteorological Society. 2012. Vol. 93. P. 1677–1685. DOI: 10.1175/BAMS-D-11-00241.1
19. Монин А. С. Введение в теорию климата. Л. : Гидрометеоздат, 1982. 246 с.

Образец для цитирования:

Богданов М. Б., Червяков М. Ю. Оценка времени реакции и чувствительности земной климатической системы к радиационному воздействию // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2019. Т. 19, вып. 4. С. 216–223. DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2019-19-4-216-223>

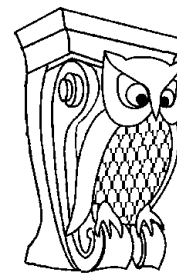
Cite this article as:

Bogdanov M. B., Cherviakov M. Yu. Estimation of Response Time and Sensitivity of the Earth's Climate System to Radiative Forcing. *Izv. Saratov Univ. (N. S.), Ser. Earth Sciences*, 2019, vol. 19, iss. 4, pp. 216–223 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2019-19-4-216-223>



УДК 631.48:902.01:902.62:903.43

Почвенно-геохимические исследования Маклашеевского II городища и реконструкция палеосреды (культурный слой раннего железного века)



С. П. Ломов

Ломов Станислав Петрович, доктор географических наук, профессор, Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, stas_lomov@mail.ru

В статье излагаются результаты почвенно-геохимических исследований Маклашеевского II городища, которые осуществлялись на стыке естественных и гуманитарных наук. При использовании данного подхода древние почвы подвергаются сопряженному археологическому и почвенно-геохимическому анализу. В результате этих исследований установлено: значительное преобразование погребенной голоценовой почвы под влиянием антропогенных факторов; организация поселений и строительство оборонительных сооружений. Отмечено отрицательное влияние пирогенного воздействия на информативность погребенных почв и отложений. Данные индекса химического выветривания CIA и другие геохимические показатели позволили реконструировать амплитуду изменчивости увлажненности климата в период существования городища в раннем железном веке. Маклашеевское II городище является примером ранней оседлости кочевых племён Среднего Поволжья.

Ключевые слова: Среднее Поволжье, Республика Татарстан, ранний железный век, ананьинская культурно-историческая область, городище, оборонительные сооружения, комплексные исследования, археология, почвоведение, геохимия культурных слоев и пород.

Soil-geochemical Studies of Maklasheevka II Settlement and Reconstruction of Paleoenvironment (Cultural Layer of the Early Iron Age)

S. P. Lomov

Stanislav P. Lomov, <https://orcid.org/0000-0002-8001-8803>, Penza State University of Architecture and Construction, 28 Titova St., Penza 440028, Russia, stas_lomov@mail.ru

The article features the results of comprehensive studies of Maklasheevka II fortified settlement carried out at the intersection of natural and humanitarian sciences, and one of the area of this work was integrative soil-archaeological studies. This approach includes a cross-spectrum archaeological and pedological analysis of the ancient soils. The studies demonstrated a significant transformation of the buried Holocene soil under the influence of anthropogenic factors; a negative pyrogenic effect on the informational content of the buried soils and filling layers; the values of geochemical coefficient CIA allowed to reconstruct the precipitation variability amplitude during the operation of the ancient settlement in the Early Iron Age.

Keywords: Middle Volga Region, Republic of Tatarstan, Early Iron Age, Ananyino cultural and historical area, settlement, fortifications, integrated studies, archaeology, pedology, geochemistry of cultural layers and rocks.

DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2019-19-4-224-232>

Введение

Маклашеевское II городище располагалось в 3,6 км к востоку–юго-востоку от церкви д. Полянки и в 4,5 км к западу от западной окраины с. Танкеевка Спасского района Республики Татарстан. Оно размещалось на останце второй неоплейстоценовой террасы в глубоком заливе Куйбышевского водохранилища, образованного в результате затопления устья р. Утка – левого притока р. Волга. До образования водохранилища памятник находился в черте д. Маклашеевка. После наполнения Куйбышевского водохранилища д. Маклашеевка была подтоплена, а местные жители переселены.

Целесообразность и необходимость настоящих исследований заключаются в сохранении информации об археологических памятниках Среднего Поволжья, которые разрушаются абразионными процессами Куйбышевского водохранилища, а также в пополнении базы научных сведений об эволюции природной среды лесостепной зоны Среднего Поволжья.

Первое описание Маклашеевского II городища как археологического объекта связано с А. А. Спицыным [1] и относится к 1898 г. [2]. В дальнейшем работы на его территории осуществлялись в 1961 г. [3] и в 1963 г. [4]. Завершающие работы с использованием комплексного подхода к изучению данного памятника были проведены в 2014 г.

Комплексное исследование Маклашеевского II городища осуществлялось на стыке естественных и гуманитарных наук. Одним из его направлений были интегративные почвенно-археологические исследования. Сущность этого направления заключается в использовании методов почвоведения в изучении археологических памятников [5–10 и др.).

Изучение границ ареала поселения проводилось по «следам» жизнедеятельности его обитателей в почвах и культурных слоях, связанных с длительностью семи эрозионно-аккумулятивных циклов, выделенных в позднем голоцене [11].

Наряду с этим привлекался метод сравнительно-геохимического анализа почв и культурных слоев, образованных при сооружении и функционировании оборонительных сооружений городища, позволяющий реконструировать увлажненность климата разных временных срезов позднего голоцена.



Перечисленные выше методические подходы исследований сопровождались анализом валового химического состава культурных слоев и насыпных отложений (рентгенфлюорисцентный метод). Его результаты были пересчитаны на прокаленную бескарбонатную навеску. Вместе с тем на этой основе в пересчете на молярную массу рассчитаны отношения TiO_2/Al_2O_3 , MnO/Fe_2O_3 , $Al_2O_3/(CaO+MgO+Na_2O+K_2O)$, а также индекс химического выветривания CIA (The Chemical Index of Alteration), рассчитываемый по последней пропорции, но в процентах [12–14]. Величина CIA отражает условия преобразования первичных минералов и имеет тесную связь со среднегодовым количеством осадков, которая была описана рядом авторов [13–15].

На основе публикации сведений, полученных при исследовании других памятников археологии Спасского района Республики Татарстан и шире – Среднего Поволжья [16], был сформирован ряд значений CIA верхних генетических горизонтов почв и соответствующих им значений среднегодового количества осадков. Получена зависимость с величиной достоверности 0,9629. На основе этой зависимости рассчитаны предполагаемые величины увлажненности палеосреды раннего железного века.

Гранулометрический состав был выполнен по Н. А. Качинскому. При этом коэффициент оглинивания рассчитывался как частное от деления отношения ила к физической глине в почве и соответствующей величине в породе (по И. А. Крупенникову). Агрегатный состав определялся по классификации С. А. Захарова. Расчеты коэффициентов структурности и водостойчивости проводились по Н. И. Саввинову. Среди физико-химических свойств определялась актуальная, обменная и гидролитическая кислотность (H_r), сумма обменных оснований и емкость катионного обмена, а также подвижные и валовые формы азота, калия и фосфора по [17].

Таким образом, представленные методы исследования позволили реализовать комплексный подход к реконструкции условий почвообразования в период функционирования Маклашеевского II городища, а также эволюции природной среды в позднем голоцене.

Результаты и их обсуждение

Маклашеевское II городище представляет собой сложный многослойный археологический комплекс¹, объединяющий поселения раннего железного века (постмаклашеевская культура ананьинской культурно-исторической области – АКЮ) и раннего средневековья (именьковская культура культурно исторической области – КЮ), разделенные восьмисотлетним периодом

¹ В полевых работах принимал участие студент Московского педагогического государственного университета В. С. Ломов.

природного преобразования антропогенных сооружений [18]. Маклашеевское II городище является ранним примером оседлости кочевых племен Среднего Поволжья. После ухода носителей именковской культуры в VII в. городище перестало существовать как обитаемое поселение. В болгарское время оно использовалось лишь спорадически, а в XIX в. на его поселенческой площадке жители с. Маклашеевка размещали свои хозяйственные постройки.

Время существования Маклашеевского II городища подразделяется на четыре этапа. Первый связан с возникновением догородищенского неукрепленного поселения, которое основали носители постмаклашеевской культуры ананьинской культурно-исторической области. Голоценовая почва на поверхности второй надпойменной террасы послужила основой формирования культурного слоя, образованного в процессе жизни его обитателей. Время функционирования догородищенского поселения, определенное по ^{14}C , относится ко второй пол. VII – первой пол. VI в. до н.э., причем последняя фаза существования этого поселения фиксируется по слою пожара и сгоревшим сооружениям [12].

Второй этап относится к собственно догородищенскому этапу существования памятника. На ранней стадии возводились оборонительные сооружения, которые в дальнейшем подвергались ремонту в виде подсыпки грунта на вершину вала (VI–V вв. до н.э.). На поздней стадии (сер. V в. до н.э.) вал был перестроен. При строительстве этого вала использовался грунт из сгоревших догородищенских построек, откуда в его насыпь попали куски выгоревшего грунта и сгоревших конструкций. Общая мощность насыпи вала постмаклашеевской культуры ананьинской КЮ составляет от 100 до 136 см.

Третий этап – этап природных разрушений и консервации ананьинской части оборонительных сооружений Маклашеевского II городища (конец V/IV в. до н.э. – конец IV/V в. н.э.).

Четвертый этап, связанный с деятельностью носителей именковской культуры раннего средневековья, выходит за рамки нашего исследования.

По литологии и находкам керамики культурный слой и насыпь вала были разделены на три толщи, соответствующие этапам существования памятника в раннем железном веке. Нижняя – An1 (культурный слой догородищенского поселения ананьинской КЮ) и средняя – An2 (насыпные слои, относящиеся к строительству и ремонту вала) выявлены на восточной и западной стенках разреза, верхняя – An3 (насыпные слои, связанные со строительством дуговидного вала) – только в западной.

Нижняя часть разреза (An1), которая относится к культурному слою догородищенского поселения (мощность до 106 см), включает фрагменты переходного генетического горизонта ВС чернозёмной почвы. Толща An2 менее мощная – от 16 до 50 см.



Примером морфологического строения культурного слоя и насыпных отложений вала Маклашеевского II городища, связанных с функционированием ананьинской КИО, может служить полевое описание разреза 2М (восточная экспозиция, где проводился отбор образцов для геохимических анализов, представленных в табл. 1 и 2).

Слой 1. Антропогенно-преобразованные природные и насыпные отложения с артефактами постмаклашеевской культуры.

An2 – 136–161 см – более темный, чем вышележащий, меньше серых прожилок гумуса. Тонкопористый с участками карбонатов в виде псевдомицелия, в сумме представляющий слой пестроцветов, вниз по уклону общий цвет становится более однородным, серым. Вправо (квадрат В) просматриваются четыре изометрические структуры диаметром от 10 до 14 см, похожие на торцы бревен, выгоревших и преобразованных мелкоземом. На глубине 148–156 см заметна линзовидная светлая суглинистая масса мозаичного цвета со светлыми тонкими мицелиями карбонатов и темными пятнами гумуса. На стыке квадратов А и Б (156–161 см) заметны изометрические структуры из псевдоморфоз по прогоревшим бревнам. Переход постепенный неровный.

An1 – 161–200 см – прокал красного цвета с линзами «кратовин» серого цвета и светло-жел-

тых карбонатов, а также с включением углистых частиц и гумусовой органики. Много скоплений древесных углей. Справа заметны обгоревшие бревна строений. Переход заметный по цвету, неровный. На глубине 186–200 см на фоне темно-серого цвета заметны пятна серого оттенка зольников (13 x 7 см и 13 x 12 см). В нижней части мозаичность усиливается за счет включения темного гумусированного суглинка.

[BC] (An1) – 200–206 см фрагменты горизонта ВС чернозёмов, затронутые антропогенным воздействием, темного цвета, неоднородные по составу, цвету и мощности. Слева от места описания разреза встречается большое скопление гумусированного мелкозема мощностью до 40 см. В пределах квадрата Г почвенная масса имеет более однородный буроватый цвет. Здесь морфологически заметно постепенное обеднение гумусом вниз по разрезу.

Слой 2. Естественные природные субэдральные отложения лессовидного суглинка, представляющие почвообразующую породу голоценовых почв.

C1ca – 206–221 см – желтовато-бурый опесчаненный суглинок. Мелкопористый, местами встречается псевдомицелий карбонатов. Плотный. Комковатой структуры неплотные отдельности. Переход заметный. Неоднородный по цвету го-

Таблица 1

Валовой химический состав культурного слоя ананьинского КИО Маклашеевского II городища, % на прокаленную и бескарбонатную навеску (разрез 2М)

Горизонт	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	P ₂ O ₅	TiO ₂	CaO	MgO	MnO	Na ₂ O	K ₂ O
Дельвий и погребенная дерново-карбонатная почва [A] _{ca} природного развития										
Дельвий	68.13	13.51	3.91	0.54	0.55	1.97	2.28	0.08	0.71	1.82
[A] _{ca}	68.13	13.51	3.91	0.54	0.55	1.97	2.28	0.08	0.71	1.82
Ананьинский культурный слой и фрагменты погребенных черноземов, горизонт BC										
[An2]	68.63	13.83	3.99	0.28	0.61	1.97	2.56	0.07	0.89	1.84
[An1]	68.21	13.22	3.80	0.47	0.54	2.80	2.18	0.08	0.79	1.83
[BC (An1)]	69.43	13.36	3.88	0.22	0.54	2.07	2.30	0.07	1.06	1.85
C1ca	68.52	14.55	4.15	0.24	0.69	1.83	2.49	0.06	0.82	1.86

Таблица 2

Геохимические коэффициенты мелкозема культурного слоя АКИО Маклашеевского II городища (разрез 2М)

Горизонт	TiO ₂ , Al ₂ O ₃	ClA	Al ₂ O ₃ /CaO + Na ₂ O + K ₂ O + MgO	Na ₂ O/K ₂ O	K ₂ O + Na ₂ O/Al ₂ O ₃	Na ₂ O/Al ₂ O ₃	CaO + MgO/Al ₂ O ₃	MnO/Al ₂ O ₃	MnO/Fe ₂ O ₃	MnO + Fe ₂ O ₃ /Fe ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃ + MnO/Al ₂ O ₃	SiO ₂ /R ₂ O ₃	SiO ₂ /Al ₂ O ₃	SiO ₂ /Fe ₂ O ₃
Дельвий и погребенная дерново-карбонатная почва [A] _{ca} природного развития														
Дельвий	0.05	66,70	1.08	0,59	0.23	0.09	0.70	0,01	0,05	1.05	0.19	7,24	8,58	46.41
[A] _{ca}	0.05	66,74	1.08	0,59	0.23	0.09	0.70	0,01	0,05	1.05	0.19	7,24	8,58	46.41
Ананьинский культурный слой и фрагменты погребенных черноземов, горизонт BC														
[An2]	0.06	66,26	1.02	0,73	0.25	0.11	0.73	0,01	0,04	1.04	0.19	7,12	8,43	45.85
[An1]	0.05	61,20	0.95	0,65	0.25	0.10	0.81	0,01	0,05	1.05	0.19	7,41	8,77	47.88
[BC, An1]	0.05	63,99	1.00	0,87	0.28	0.13	0.72	0,01	0,04	1.04	0.19	7,45	8,83	47.69
Clca	0.06	68,46	1.12	0,67	0.23	0.09	0.66	0,01	0,03	1.03	0.19	6,77	8,01	43.99



ризонт: местами пятна более темного мелкозема с миграцией из верхнего горизонта в виде следов мышинных нор, затем темной коллоидной плёнки по трещинам.

C2ca – 221–324 см – желтовато-палевый горизонт с большим обилием аморфных локальных карбонатных скоплений. Общий фон карбонатный создается за счет псевдомицелия. Опесчаненный лессовидный суглинок плотного сложения. Пористый. С темными гумусированными пятнами за счет трещин и «кратовин». В толще супесей обнаружены реликтовые мерзлотные клинья, выполненные серым суглинком, возможно, соответствующие фазе сильного похолодания ~ 10,5 тыс. лет назад. В соответствии с представлениями А. А. Величко [19] их можно датировать поздним дриасом.

Анализ морфологического строения культурного слоя догородищенского поселения ананьинской КИО свидетельствует о неоднократных пожарах, способствующих образованию прокалов в мелкоземе, которые могут исказить геохимические данные, используемые в реконструкции условий обитания древних людей раннего железного века. Ниже 161 см и затем на глубине 221 см сохранились ходы «кратовин», заполненные мелкоземом серого цвета. Это свидетельствует о степном почвообразовании природного развития почвы.

В гранулометрическом составе преобладает крупный и мелкий песок, в сумме составляющий > 50%. Крупная пыль в почвообразующей породе представляет от 10,3 до 18,7%, которая в пределах культурного слоя колеблется от 15,0 до 19,3%. Для всего культурного слоя и породы характерно очень низкое содержание средней пыли ~ 2,0% и мелкой пыли от 3,1 до 4,5%. Содержание илистой фракции находится в пределах 15,6–20,4%.

Сумма фракций физической глины невысокая – от 20 до 26,8%, в распределении которой заметны турбационные процессы антропогенного преобразования. В целом гранулометрический состав представлен легким суглинком [20].

Структура почв является морфологическим признаком разных типов почвообразования, особенно черноземов. Поэтому нарушение структуры при антропогенном вмешательстве может быть индикатором освоения почв и почвенного покрова. Агрегатный состав и водоустойчивость структуры определялись в тех же образцах культурного слоя. Коэффициенты структурности и водоустойчивости на любом уровне культурного слоя удовлетворительные. Эти показатели могут свидетельствовать о сильном преобразовании исходных почв природного развития.

Физико-химические и химические показатели свидетельствуют о повышенном содержании гумуса в культурном слое (1,0–1,2%) по сравнению с почвообразующей породой (0,8–0,6%). Актуальная кислотность слабощелочная, рН водный составляет 7,4. Величины

гидролитической кислотности (Нг) низкие в культурном слое (0,23 смоль (экв)/кг) и в подстилающей почвообразующей породе. Сумма поглощенных оснований повышенная в пределах толщ культурного слоя (29,0–32,0 смоль (экв)/кг) по сравнению с почвообразующей породой (25,5–28,4 смоль (экв)/кг) [20].

Величины валовых форм оксида фосфора имеют их заметную аккумуляцию в культурном слое [An2] – 0,47% и пониженные показатели в подстилающей породе (0,22%).

Величины обменного калия характеризуются невысокими значениями в средней части культурного слоя An1 и An2 (90 мг/кг) и существенными их понижениями в почвообразующей породе до 50 мг/кг. Подвижный фосфор выделяется повышенными показателями в средней части культурного слоя (1000 мг/кг) и понижением его значений в верхней части – An2 – до 400 мг/кг, а в подстилающей породе C2ca – до 314 мг/кг почвы.

Подобные высокие величины подвижного фосфора в культурном слое могут быть результатом аккумуляции отходов животного происхождения. Об этом свидетельствуют данные Гулюковской III стоянки финала бронзового века, также изученной на поверхности второй надпойменной террасы в Мензелинском районе Республики Татарстан [2].

Содержание карбонатов в мелкоземе культурного слоя своеобразное: 2,81% в слое верхней части An2, небольшое понижение до 1,77% в средней части An1 и минимальное количество – 0,41% – в основании культурного слоя An1, что может свидетельствовать о процессах выщелачивания чернозёмов во время их природного развития. В почвообразующей породе содержание CaCO₃ увеличивается от 10,41 до 12,30%.

Примерно такое же распределение физико-химических показателей характерно для естественно-природного развития средней части Маклашеевского II городища, за исключением повышенного содержания гумуса в погребенных дерново-карбонатных почвах – 1,4% [20].

Валовой химический состав мелкозема культурного слоя догородищенского поселения Маклашеевского II городища характеризуется близкими значениями оксида кремния 68,21–69,43% и в перекрывающей его толще естественно-природного развития, связанной с разрушением раннего вала (см. табл. 1). Все рассматриваемые в данной статье культурные слои Маклашеевского II городища имеют равномерное распределение оксида алюминия (13,22–13,83%), и только в почвообразующей породе значение Al₂O₃ увеличивается до 14,55%. Распределение оксида железа имеет подобные показатели (3,80–3,99%) в пределах слоев, связанных с ананьинской КИО, и только в почвообразующей породе величина Fe₂O₃ возрастает до 4,15%. Значения оксида фосфора преобладают в верхней части культурного слоя догородищенского поселения (0,47%), с понижением в почвообразующей породе до 0,24%. Содержание оксида титана почти



равномерно распределяется в пределах культурного слоя (0,54–0,61%), с небольшим увеличением в почвообразующей породе до 0,69% (см. табл. 1).

Величины биофильных элементов (P_2O_5 , CaO, MgO, MnO) выявляют небольшую их аккумуляцию в верхней части культурного слоя догородищенского поселения. Другие оксиды, такие как натрий и калий, могут указывать на турбационные процессы мелкозема, свойственные активной антропогенной деятельности носителей ананьинской КИО, а понижение оксида Na в перекрывающей толще естественно – природного развития связано с разрушением раннего вала.

Для детализации и уточнения геохимических связей и анализа природных условий был использован метод расчета геохимических коэффициентов на основе валового химического состава (по: [12, 13, 15]). В настоящее время этот метод также используется для реконструкции палеосреды в голоцене [14].

Например, отношение оксида титана к оксиду алюминия -0,06 отражает однотипность геохимических условий при образовании почвообразующей породы и определяет единый источник осадконакопления. Во время формирования верхней части культурного слоя догородищенского поселения увеличился оксид Al_2O_3 (соотношение составило 0,05). И только в насыпном слое (An2) раннего ананьинского вала соотношение TiO_2/Al_2O_3 восстановилось до 0,06. Эти данные оказали влияние на величины CIA.

Индекс химического выветривания CIA был предложен N. W. Nesbitt, который представляет собой выражение

$$\frac{Al_2O_3}{Al_2O_3+CaO+Na_2O+K_2O} \times 100.$$

Величины CIA отражают изменение условий преобразования первичных минералов. Для Маклашеевского II городища индекс химического выветривания CIA изменялся от 68,46% в почвообразующей породе до 61,2% в средней части An2, затем в верхней части An2 произошло восстановление величин CIA до 66,26%. Снижение в средней части культурного слоя – CIA до 63,9–61,2% – следует связывать с использованием обгоревших грунтов и конструкций из слоя пожарища конца существования догородищенского поселения.

Коэффициент выветривания – Al_2O_3 к $CaO+Na_2O+K_2O+MgO$ – был предложен в [15] как отношение алюминия, являющегося основным компонентом глинистой составляющей, к окислам растворимых оснований, поступающих в почвенный раствор в результате смены стадий гипергенеза. Указанный коэффициент также отражает степень фиксации растворимых оксидов, особенно в пределах культурного слоя An1 и насыпного слоя An2 вследствие наличия следов пожаров и формирования прокалов, снижающих фильтрационные возможности и миграции растворимых оксидов.

Отношения Na_2O к K_2O , как и Na_2O к Al_2O_3 , а также Na_2O+K_2O к Al_2O_3 отражают динамику растворимых солей в почвах и отложениях [15]. Более расширенные величины в пределах культурного и насыпных слоев An могут указывать на турбационные процессы, связанные с хозяйственной деятельностью носителей ананьинской КИО, с использованием для строительства лессовидного материала и привноса, большого количества растворимых оксидов.

Коэффициенты, характеризующие биологическую активность и продуктивность почв, рассмотрены на примере соотношения MnO к Al_2O_3 , MnO к Fe_2O_3 , $MnO+Fe_2O_3$ к Fe_2O_3 и др., которые выделяются своеобразными значениями. Величины отношений MnO к Al_2O_3 – 0,01 – однородны в пределах An. Остальные коэффициенты отражают турбационные процессы в результате активной деятельности обитателей городища раннего железного века.

Соотношения макроэлементов SiO_2 к R_2O_3 , SiO_2 к Al_2O_3 и SiO_2 к Fe_2O_3 показывают небольшое преобладание кремнезема в пределах культурного и насыпных слоев An по сравнению с почвообразующей породой (см. табл. 2).

Снижение индекса химического выветривания CIA в слое An2 следует связывать с включением в его состав обгоревших конструкций и грунта из верхней части слоя пожарища конца существования догородищенского поселения и с образованным в связи с этим прокалом в мелкоземе, которые обусловили преобразование первичных и особенно вторичных минералов и снижение «палеоэкологической памяти».

Реконструкция палеосреды Маклашеевского II городища раннего железного века основана на связи индекса химического выветривания современных почв с атмосферными осадками. В результате проделанной работы была получена функция линейной зависимости показателя CIA от среднегодового количества осадков $СГКО = 9,3 \cdot CIA - 179$, с величиной достоверности – 0,96.

Информационным показателем реконструкции среды обитания могут служить данные индекса химического выветривания CIA почвенных слоев, образование которых связано с ананьинской КИО. Это обусловлено наличием как относительных археологических датировок отдельных почвенных слоев, так и абсолютных. Подобные данные были получены и для Маклашеевского II городища [18].

В результате проделанной работы нами были собраны данные, характеризующие изменчивость возможной увлажненности климата в ананьинский период существования Маклашеевского II городища. Для догородищенского поселения (An1) их величина составляет – 420 мм и 390 мм/год, а для ранней насыпи вала (An2) – 440 мм/год (рисунок). Максимальная величина увлажненности климата приходится на толщу отложений, разделяющую ананьинские и именьковские на-



сыпные серии (насыпные слои) Маклашеевского II городища – 445 мм/год.

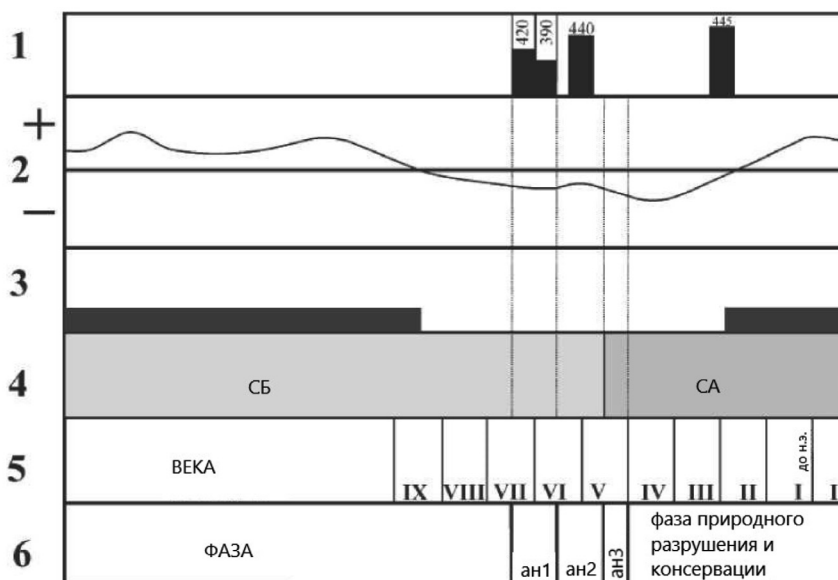
Анализ реконструированных величин осадков в пределах времени существования поселения постмаклашеевской культуры свидетельствует о неоднородности этих показателей. На раннем этапе существования поселения (An1) уровень осадков составлял 390–420 мм/год. При этом следует обратить внимание на величину индекса химического выветривания CIA – 68,46%, характерного для почвообразующей породы – лессовидных суглинков, незатронутых антропогенным воздействием обитателей Маклашеевского II городища (см. табл. 2). Расчет осадков на время формирования лессовидных суглинков показал величину 457 мм/год. Таким образом, если величину осадков (457 мм/год) принять за контрольную, то при сравнении полученных данных по осадкам в пределах времени существования Маклашеевского II городища, кроме неоднородности, наблюдается снижение осадков в разной пропорции (см. рисунок).

Причина подобного несоответствия реконструкции изменчивости осадков кроется в антропогенном, главным образом пирогенном, воздействии на минерально-органические компоненты почвенной массы. Высокая температура обусловила «стирание» в естественных органико-минеральных коллоидах «природной памяти» условий выветривания первичных минералов. Чем больше прокаленных почв в слое, тем меньше

информации об условиях выветривания первичных минералов, определяющих достоверную реконструкцию природных условий.

Скопления угля от пожаров в слоях ананьинского времени представляют «балласт», искажающий величины геохимических коэффициентов и данные по реконструкции природной среды. Уголь может быть носителем палеогеографической информации, по нему можно определить породы деревьев, используемых населением в хозяйственных целях [11].

Амплитуда снижения величин осадков в пределах культурного слоя догородищенского поселения и ананьинской толщи насыпного вала по сравнению с контрольными значениями составляет 85,3–97,4%. Минимальный уровень снижения количества осадков (97,4%) приходится на толщу природных отложений, разделяющую ананьинские и именьковские насыпные слои вала Маклашеевского II городища. В это время не было пожаров, процессы выветривания и почвообразования развивались на антропогенных отложениях и продуктах их разрушения в виде делювия. Более чем восьмисотлетний период денудационных процессов и затем формирования почв на делювиальных отложениях предопределил разрушение обломков прокалов за счет процессов выветривания и способствовал повышению величин геохимических коэффициентов, определяющих климатические условия преобразования первичных минералов.



Количество осадков и ритмы почвообразования в период раннего железного века: 1 – осадки – реконструированы по индексу химического выветривания и другим геохимическим показателям; 2 – среднегодовая температура для южной лесной зоны [23] (+ положительные, – отрицательные температуры); 3 – ритмы почвообразования по Сычевой [22] (темные полосы – стадии почвообразования, светлые промежутки – стадии литогенеза); 4 – подразделение голоцена дано в модификации Хотинского [23] (CB – суббореальный и CA – субатлантический периоды); 5 – хронологическая шкала; 6 – этапы строительства оборонительных сооружений



Максимальный уровень снижения количества реконструированных осадков (85,3%) приходится на слой догородищенского поселения (An1). Это обусловлено пожарами, уничтожившими деревянные строения, и обилием прокалов, хорошо выделяющихся морфологически по окраске. Величина реконструированных осадков по сравнению с контрольной точкой составила 85,3%, снижение количества осадков произошло на 10–15%. Это обусловлено «стиранием природной памяти» естественного развития органо-минерального комплекса почв под воздействием высоких температур.

Дополнительная реконструкция величины осадков по сравнению с контрольной точкой на этапе An1, заниженной из-за наличия прокалов, показана на рисунке.

Снижение величины осадков, зафиксированное также в оборонительных сооружениях (An2) ананьинского времени Маклашеевского II городища, связано с использованием прокаленного почвенного материала при строительстве.

Норма современных осадков в Республике Татарстан составляет от 460 до 540 мм/год, т. е. превышает рассчитанные (см. рисунок) на 50–80 мм. Если учесть, что за последние 100 лет произошло увеличение осадков в Среднем Поволжье [21], то можно говорить о достоверности проведенных реконструкций.

Анализ величин реконструированных осадков в периоды стадий почвообразования и стадий литогенеза [22], показанных на рисунке темной и светлой полосой соответственно, свидетельствует о равных количествах осадков, характерных для той или иной стадии. Изменяется только среднегодовая температура, представленная по данным Н. А. Хотинского [23] для южной лесной зоны. На стадиях педогенеза преобладают положительные температуры, а на стадиях литогенеза – отрицательные (см. рисунок). Значительное количество осадков и положительные температуры в период стадии педогенеза определяют стабилизацию природного развития, снижение эрозионных процессов и преобладание процессов почвообразования для формирования зональных и интразональных вариантов почв, а также погребенных почв в поймах [24, 25]. Подобные благоприятные (влажные и теплые) климатические условия совпадают с началом существования Маклашеевского II городища.

Конец существования Маклашеевского II городища (ранний железный век) относится к стадии литогенеза, когда снижалась среднегодовая температура, а климат становился более влажным и прохладным. В эти периоды уменьшалась испаряемость, увеличивались длительность холодного сезона года и объем накопленных зимних твердых осадков, становился более высоким уровень весенних паводков. Это вызывало усиление эрозии на склонах, увеличение объема смытого песчаного мелкозема, выносимого в поймы рек. Вследствие

этого происходило более активное поступление аллювия на поверхность поймы в паводки [22, 26].

Изменение климата на стадии литогенеза, удлинение холодного сезона и снижение в связи с этим продуктивности почв могли быть причиной ухода обитателей из городища.

Заключение

За время существования Маклашеевского II городища раннего железного века, оставленного носителями постмаклашеевской культуры, голоценовая почва, сформированная до поселения носителей ананьинской КИО, была значительно преобразована:

- сильно изменена структура почв, понижилась водоустойчивость агрегатов;

- чуть увеличилось (остаточное) содержание гумуса в пределах культурного слоя по сравнению с породой;

- повысилась сумма поглощенных оснований и емкость поглощения в культурном слое по сравнению с почвообразующей породой;

- невысокое распределение карбонатов в пределах верхней части насыпного слоя раннего вала (An2) и совсем низкое в основании культурного слоя (An1) – 0,46% – могут свидетельствовать о процессах выщелачивания черноземов во время их природного развития;

- распределение оксидов натрия и калия указывают на турбационные процессы мелкозема культурного слоя, обусловленные активной хозяйственной деятельностью носителей ананьинской КИО;

- снизилась величина индекса химического выветривания CIA в верхней части культурного слоя догородищенского поселения в связи с пожарами и прокалами, которые определили стирание «природной памяти» условий преобразования первичных минералов.

В период почти восьмисотлетнего запустения Маклашеевского II городища между его ранней – ананьинской и поздней – именковской культурой (раннее средневековье) преобладало почвообразование на относительно выровненных поверхностях и формирование слаборазвитых почв – дерново-карбонатных, впоследствии погребенных делювием:

- в погребенных почвах заметно улучшилась структурность и водоустойчивость по сравнению с перекрывающим ее делювием;

- увеличилось содержание гумуса в 1,5 раза, понижилась актуальная кислотность, повысилась гидrolитическая кислотность по сравнению с перекрывающим делювием.

В результате расчета возможной увлажненности климата для отложений ананьинского времени Маклашеевского II городища была выявлена неоднородность этих показателей. На раннем этапе существования поселения (An1) уровень осадков составлял 390–420 мм/год, а



для ранней насыпи вала (An2) – 440 мм/год. При этом максимальная величина индекса химического выветривания CIA (68,46%) характерна для лессовидных суглинков, незатронутых антропогенным воздействием. Расчет осадков на время формирования лессовидных суглинков показал величину 457 мм/год, которую можно принять за контрольное значение. Максимальное количество расчетных осадков – 445 мм/год, близких к контрольному значению, приходится на период восьмисотлетнего периода естественно-природного развития городища.

Причина уменьшения величин расчетных осадков кроется в антропогенном воздействии на органо-минеральные компоненты погребенных почв. Высокая температура от пожаров обусловила стирание в естественных органо-минеральных комплексах «природной памяти» условий выветривания первичных минералов, определяющих достоверную реконструкцию природных условий.

Амплитуда снижения величин осадков в пределах ананьинской толщи слоев (культурных и насыпных) Маклашеевского II городища по сравнению с контрольным значением составляет 85,3–97,4%. Минимальный уровень снижения количества осадков (97,48%) приходится на период природного развития Маклашеевского II городища (конец V/IV в. до н.э. – конец IV/V в. н.э.), максимальный уровень снижения осадков (85,3%) падает на культурные слои догородищенского поселения (An1) – 390 мм/год. Понижение температуры в период литогенеза и увеличение влажности климата, возможно, обусловили причины запустения городища раннего железного века.

Благодарность. Исследования проводились при поддержке Республиканского фонда возрождения памятников истории и культуры Республики Татарстан под руководством директора Института археологии АН РТ А. Г. Ситдикова.

Библиографический список

1. Спицын А. А. Заметки из поездки 1898 года // Известия Императорской Археологической Комиссии. 1916. Вып. 60. С. 73–93.
2. Чижевский А. А. Гулюковская III стоянка, экологическая адаптация и факторы хозяйственно-культурного развития // Уральский исторический вестник. Екатеринбург, 2010. № 2 (27). С. 25–30.
3. Халикова Е. А. Отчёт об археологических исследованиях, проведённых в 1961 г. в Куйбышевском районе Татарской АССР // Архив ИА РАН. Р-1, № 2751. 37 с.
4. Старостин П. Н. Отчёт об археологических раскопках Маклашеевского II городища летом 1963 г. Казань, 1964. 77 с.
5. Александровский А. Л., Александровская Е. И. Эволюция почв и географическая среда. М. : Наука, 2005. 223 с.
6. Демкин В. А. Палеопочвоведение и археология : интеграция в изучении природы и общества. Пушино : ПНЦ РАН, 1997. 212 с.
7. Дергачева М. И., Васильева Д. И. Палеопочвы, культурные горизонты и природные условия их формирования в эпоху бронзы в степной зоне Самарского Заволжья // Вопросы археологии Поволжья. Самара : НТЦ, 2006. С. 464–476.
8. Иванов И. В. Эволюция степной зоны в голоцене. М. : Наука, 1992. 143 с.
9. Ломов С. П., Ранов В. А. Погребенные почвы Таджикистана и распределение в них палеолитических орудий // Почвоведение. 1984. № 4. С. 21–30.
10. Чендев Ю. Г. Опыт реконструкции биоклиматических обстановок прошлого по палеопочвенным индикаторам (лесостепь центра Восточной Европы) // Палеопочвы, природная среда и методы их диагностики / отв. ред. Г. В. Добровольский, М. И. Дергачева. Новосибирск : ЗАО ИПП «Офсет», 2012. С. 181–194.
11. Пономаренко Е. В., Пономаренко Д. С., Сташенков Д. А., Кочкина А. Ф. Подходы к реконструкции динамики заселения территории по почвенным признакам // Поволжская археология. 2015. № 1. С. 126–160.
12. Nesbitt H. W., Young G. M. Early Proterozoic climate of sand stone and munstone suites using SiO₂ content and K₂O/Na₂O ratio // Nature. 1982. Vol. 299. P. 715–717.
13. Алексеев А. О., Алексеева Т. В. Оксидогенез железа в почвах степной зоны. М. : Геос, 2012. 202 с.
14. Калинин П. И., Алексеев А. О. Геохимические характеристики погребенных голоценовых почв степей Приволжской возвышенности // Вестник ВГУ. Сер. География, Геоэкология. 2008. № 1. С. 9–15.
15. Retallack G. Soils and Global Change in the Carbon Cycle over Geological Time // Treatise On Geochemistry. 2004. Vol. 5. P. 581–605.
16. Ломов С. П., Лыганов А. В., Хисьямидинова А. А., Спиридонова И. Н., Солodkov N. N. Modern and buried soils of Kurgans in the Forest-Steppe Zone of the Middle Volga Region (by the Example of Komintern I Kurgan) // Eurasian Soil Science. 2017. Vol. 50, № 5. P. 539–548. DOI: 10.1134/51064229311050106
17. Ариунушкина Е. В. Руководство по химическому анализу почв. М. : Издательство Московского университета, 1970. 487 с.
18. Чижевский А. А., Хисьямидинова А. А., Вязов Л. А., Лыганов А. В., Хуснутдинов Э. А. Исследование оборонительных сооружений Маклашеевского II городища в 2014 г. // XV Бадеровские чтения по археологии Урала и Поволжья : материалы всерос. науч.-практ. конф. / гл. ред. Г. П. Головчанский. Пермь : ПГНИУ, 2016. С. 119–125.
19. Величко А. А. Палеоклиматы и палеоландшафты внутритропического пространства Северного полушария. Поздний плейстоцен – голоцен. Атлас-монография. М. : Геос, 2009. 120 с.
20. Ломов С. П., Чижевский А. А., Хисьямидинова А. А., Спиридонова И. Н. Почвенно-археологические исследования Маклашеевского II городища (культурный слой РЖВ) // Археология евразийских степей. 2018. № 2. С. 290–310.
21. Ломов С. П. Почвы и климат Пензенской области. Пенза : ПГУАС, 2012. 290 с.
22. Сычева С. А. Главный (2000-летний) ритм голоцена и его проявления в почвах и отложениях пойм русской рав-



нины // География: проблемы науки и образования. LXIII Герценовские чтения / отв. ред. В. П. Соломин, Д. А. Субетто, Н. В. Ловелиус. СПб. : РГО, 2010. С. 324–329.

23. Хотинский Н. А. Голоцен Северной Евразии. М. : Наука, 1977. 200 с.

24. Ломов С. П., Солодков Н. Н. Эоловые геосистемы (памятники неолита), современные и погребенные почвы в поймах

бассейна р. Сура в голоцене. Пенза : ПГУАС, 2014. 165 с.
25. Мозжерин В. И., Курбанова С. Г. Деятельность человека и эрозионно-русловые системы Среднего Поволжья. Казань : Арт-Дизайн, 2004. 128 с.

26. Александровский А. Л. Этапы и скорость развития почв в поймах рек центра Русской равнины // Почвоведение. 2004. № 11. С. 1285–1295.

Образец для цитирования:

Ломов С. П. Почвенно-геохимические исследования Маклашеевского II городища и реконструкция палеосреды (культурный слой раннего железного века) // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2019. Т. 19, вып. 4. С. 224–232. DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2019-19-4-224-232>

Cite this article as:

Lomov S. P. Soil-geochemical Studies of Maklasheevka II Settlement and Reconstruction of Paleoenvironment (Cultural Layer of the Early Iron Age). *Izv. Saratov Univ. (N. S.), Ser. Earth Sciences*, 2019, vol. 19, iss. 4, pp. 224–232 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2019-19-4-224-232>



УДК 504.064

Применение фрактального анализа при лишеноиндикации техногенного воздействия от линейного источника загрязнения атмосферы

А. Н. Насонов, В. В. Кульнев, И. В. Цветков,
Г. В. Шибалова, А. Н. Кизеев, С. Н. Насонов



Насонов Андрей Николаевич, кандидат технических наук, доцент, Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия имени К. А. Тимирязева, adn22@yandex.ru

Кульнев Вадим Вячеславович, кандидат географических наук, ведущий специалист-эксперт, отдел государственного экологического надзора по Воронежской области Центрально-Черноземного межрегионального управления Федеральной службы по надзору в сфере природопользования, Воронеж, kulnev@36.rpn.gov.ru

Цветков Илья Викторович, доктор технических наук, профессор, Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия имени К. А. Тимирязева, manc@mail.ru

Шибалова Галина Вячеславовна, доцент, Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия имени К. А. Тимирязева, virginsoil@yandex.ru

Кизеев Алексей Николаевич, кандидат биологических наук, Институт имени Н. А. Аврорина Кольского научного центра Российской академии наук, Апатиты, aleksei.kizeev@mail.ru

Насонов Сергей Николаевич, старший преподаватель, Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия имени К. А. Тимирязева, snnasonov@gmail.com

Предложен новый способ обработки фактического материала лишеноиндикационных исследований, основанный на изучении морфологических изменений таллома лишайника. Оценка степени техногенного воздействия на компоненты окружающей природной среды от линейного источника загрязнения атмосферы производилась путем расчета и корреляции фрактального показателя уровней антропогенной нагрузки и процессов ее биотической компенсации. Предложенный экспресс-метод оценки степени техногенного влияния позволит усовершенствовать методический аппарат геоэкологического моделирования природных и техногенных геосистем, используемый для разработки и проведения природоохранных мероприятий.

Ключевые слова: таллом лишайника, постоянная Хёрста, лишеноиндикация, метод триангуляции, гомеостаз, природоохранные мероприятия.

The Application of Fractal Analysis for the Lichen Indication of Technogenic Impact from a Linear Source of Atmospheric Pollution

A. N. Nasonov, V. V. Kul'nev, I. V. Tsvetkov, G. V. Shibalova,
A. N. Kizeev, S. N. Nasonov

Andrey N. Nasonov, <https://orcid.org/0000-0002-4927-2192>, Russian State Agrarian University – Moscow Academy of Agriculture named

K. A. Timiryazev, 49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127550, Russia, adn22@yandex.ru

Vadim V. Kul'nev, <https://orcid.org/0000-0002-1646-9183>, Office of the Federal service for supervision of natural resources in the Voronezh region, 105 Lomonosov St., Voronezh 394087, Russia, kulneff.vadim@yandex.ru

Ilya V. Tsvetkov, <https://orcid.org/0000-0002-5284-880X>, Russian State Agrarian University – Moscow Academy of Agriculture named K. A. Timiryazev, 49 Timiryazevskaya St., Moscow 127550, Russia, manc@mail.ru

Galina V. Shibalova, <https://orcid.org/0000-0002-0141-2926>, Russian State Agrarian University – Moscow Academy of Agriculture named K. A. Timiryazev, 49 Timiryazevskaya St., Moscow 127550, Russia, virginsoil@yandex.ru

Aleksey N. Kizeev, <https://orcid.org/0000-0002-8689-7327>, Polar-Alpine Botanical Garden-Institute named N. A. Avrorin Kola Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, 18 Academgorodok md, Apatity 184209, Russia, aleksei.kizeev@mail.ru

Sergey N. Nasonov, <https://orcid.org/0000-0001-8927-0418>, Russian State Agrarian University – Moscow Academy of Agriculture named K. A. Timiryazev, 49 Timiryazevskaya St., Moscow 127550, Russia, snnasonov@gmail.com

A new method of processing the actual material of lichen-indication studies, based on the study of morphological changes in the lichen thallus, is proposed. Assessment of the degree of technogenic impact on the components of the environment from a linear source of atmospheric pollution is performed by calculating and correlating the fractal index of anthropogenic load levels and the processes of its biotic compensation. The proposed rapid method for assessing the degree of technogenic influence will allow to improve the methodological apparatus of geoecological modeling of natural and technogenic geosystems used to develop and apply environmental protection measures.

Keywords: lichen thallus, Hirst constant, lichen indication, triangulation method, homeostasis, environmental measures.

DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2019-19-4-233-240>

Введение

Влияние автотранспорта на экологическое состояние компонентов окружающей природной среды представляет собой непростую и глобальную экологическую проблему. Сложность данного типа техногенного воздействия автомобильного транспорта заключается в его многоплановости.



Общеизвестно, что наряду с шумовым, тепловым и вибрационным загрязнением существует воздействие на придорожные территории таких поллютантов, как оксиды серы, азота, углерода, 3,4-бенз(а)пирена, нефтепродуктов, свинца, цинка, меди и кадмия.

Вышеназванные химические соединения оказывают токсичное воздействие на почвы и другие компоненты окружающей природной среды, особенно на придорожные полосы.

Для автомобильных дорог, за исключением тех, что расположены в границах населенных пунктов, устанавливаются придорожные полосы [1].

В зависимости от класса и (или) категории автомобильных дорог с учетом перспектив их развития ширина каждой придорожной полосы устанавливается в размере:

- 75 м – для автомобильных дорог первой и второй категорий;
- 50 м – для автомобильных дорог третьей и четвертой категорий;
- 25 м – для автомобильных дорог пятой категории;
- 100 м – для подъездных дорог, соединяющих административные центры (столицы) субъектов Российской Федерации, города федерального значения с другими населенными пунктами, а также для участков автомобильных дорог общего пользования федерального значения, построенных для объездов городов с численностью населения до 250 тыс. человек;
- 150 м – для участков автомобильных дорог, построенных для объездов городов с численностью населения свыше 250 тыс. человек [1].

В настоящее время в научной литературе все чаще можно встретить примеры решения геоэкологических задач с использованием методов мультифрактальной динамики. В частности, в работе [2] приведены примеры мониторинга экологической обстановки, наводнений, функционирования авиационной системы.

При изучении степени загрязнения придорожных полос стержневым моментом является выбор метода исследования. По нашему мнению, наиболее подходящим в данном случае способом оценки степени техногенного воздействия является биоиндикационный подход, при котором важна реакция биологических объектов на поллютанты.

Среди прочих биоиндикаторов лишайники обладают уникальными свойствами, позволяющими использовать их для общей оценки степени загрязненности атмосферного воздуха и придорожных полос. Применение лишайников для индикации качества природной среды основано на существовании среди представителей лишайнобиоты видов, отличающихся повышенной чувствительностью к загрязнению, строгой приуроченностью к определенным экологическим условиям среды.

Поэтому наиболее перспективным направлением биоиндикации является лишайноиндикация,

которая применяется в экологической практике и основана на изучении как изменения структуры таллома под воздействием загрязнителей, так и количественного соотношения видового состава лишайников или их проективного покрытия на определенной территории.

Долговременное воздействие даже малых концентраций загрязняющих веществ в окружающей среде вызывает у лишайников такие повреждения слоевищ, которые не исчезают вплоть до их гибели, что влияет на их рост, а следовательно, и на изменение их сложной геометрии.

Таким образом, накопление загрязняющих веществ слоевищами разных видов лишайников – один из наиболее используемых лишайноиндикационных показателей. Чаще всего лишайники используются для оценки загрязнения природной среды соединениями серы, тяжелыми металлами и радионуклидами.

Известно, что большинство токсичных веществ, скапливающихся в атмосферном воздухе, концентрируются в дождевой воде, которую впитывают лишайники. Тем самым лишайники отличаются от цветковых растений, поглощающих воду в основном из почвы. Важен и тот факт, что лишайники в отличие от высших растений не способны избавляться от пораженных частей своего слоевища и могут расти не только летом, но и при отрицательных температурах воздуха [3].

Материалы и методы

Для проведения исследований была выбрана территория биостанции Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова, расположенной в окрестностях города Звенигорода Одинцовского городского округа Московской области. Эта территория имеет статус государственного природного заказника областного значения.

Согласно п. 3 ст. 24 Федерального закона РФ «Об особо охраняемых природных территориях» задачи и особенности режима особой охраны конкретного государственного природного заказника регионального значения определяются органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации, принявшими решение о создании этого государственного природного заказника [4].

В этой связи территория заказника разделяется автодорогой «Московское Малое кольцо – Аниково – Агафоново – Кубинка» на три условных участка. Участок № 1 (южный) заказника граничит с садовым товариществом «Заготовитель» у деревни Волково. Участок № 2 (северный) включает земельный участок между автодорогой и Москвой-рекой. Участок № 3 (северо-западный) включает земельный участок у санатория им. Чкалова.

Чтобы оценить изменения в воздухе, происходящие непосредственно под влиянием линейного источника загрязнения атмосферы (дороги), кроме



экспериментальной площадки для сравнений была выбрана контрольная (фоновая) территория.

Экспериментальная и контрольная площадки были определены по однородным геоморфологическим, почвенным и биотическим признакам, которые выразились в схожести рельефа, типа почв (дерново-подзолистые) и видов древесной растительности (хвойные леса – сосновые и еловые).

Следует отметить, что биоиндикатором в эксперименте служил лишайник *Hypogymnia Physodes* (Гипогимния Вздутая) из семейства Пармелиевых (*Parmeliaceae*). Этот вид эпифитных лишайников был выбран в качестве биоиндикатора в силу его повсеместного распространения.

Экспериментальную площадку посередине пересекает прямолинейный участок вышеназванной автодороги. На контрольной площадке присутствуют только квартальные просеки и редкие тропы. Для проведения исследований обе площадки были выбраны в пределах первого участка.

Участок № 3 заказника в своей северной части представлен древней аллювиально-водно-ледниковой (долино-зандровой) равниной, осложненной всхолмлениями ледникового генезиса, и водно-ледниковой равниной в южной части. На вершинах холмов в северной окраине участка отмечаются наивысшие абсолютные отметки – до 191 м. Поверхности долино-зандровой равнины сложены водно-ледниковыми песками и супесями, местами перекрытыми покровными суглинками. Холмы сложены валунными суглинками и песчано-гравийным материалом.

Плоские и слабоволнистые водно-ледниковые равнины, сформировавшиеся в южной части Участка № 3, сложены водно-ледниковыми песками и супесями, перекрытыми покровными суглинками. Местами равнины осложнены эрозионными формами и западинами. Юго-западная часть территории включает отрезок долины р. Сетуни в ее нижнем течении протяженностью 1,8 км. Долина реки имеет трапецеидальную форму профиля, часто асимметричную. Ширина днища долины составляет около 50–90 м. Центральную часть Участка № 3 с востока на запад прорезает крупная овражно-балочная система – правый отрог долины р. Сетуни – протяженностью в заказнике порядка 3 км со значительным количеством более мелких отрогов. Высота склонов в его средней и нижней части достигает 10–20 м.

Для изучения биотического и абиотического компонентов экосистем практикуется закладка трансект или квадратов, при этом сбор биоматериала территориально ограничивается их площадью.

Выбор типа трансекта зависит от качественного и количественного характера исследования, особенностей биоты, требуемой степени точности, размеров обследуемой территории и времени, отведенного на работу. На небольшом расстоянии вполне применим непрерывный линейный трансект.

В качестве контрольного участка была выбрана территория с идентичным экспериментальному

участку биогеоценозом. В соответствии с условиями эксперимента для обеспечения однородности (гомогенности) данных расстояние между точками внутри обоих участков составило 200 м. (шаг измерения). Расстояние между участками составило 800 м. Местоположение точек определялось при помощи системы GPS/ГЛОНАСС, точность позиционирования которой составляет от 2 до 12 м.

Для чистоты эксперимента местоположение контрольного участка выбиралось в лесном массиве с учетом параметров розы ветров для данной местности (таблица). Северо-восточные ветра здесь достаточно редки (0,5%), и летучие ингредиенты загрязнений (сера, угарный газ и пр.) с автомобильной дороги преимущественно рассеиваются в других направлениях.

Параметры розы ветров для исследуемых площадок

Направление ветра	Частота
Северный	7,2
Северо-восточный	0,5
Восточный	5,9
Юго-восточный	7,7
Южный	18,5
Юго-западный	23
Западный	19,8
Северо-западный	17,6

В общем случае состояние лишайника определяется отношением уровня нагрузок к уровню их биотической компенсации в динамике [3, 5]:

$$I(D) = (1/H) - 1, \quad (1)$$

$$H = (2 - D); H \in (0; 1), \quad (2)$$

где $I(D)$ – фрактальная функция отклика лишайника, определяемая отношением уровня нагрузок к уровню их биотической компенсации в динамике;

H – постоянная Хёрста;

D – фрактальные показатели уровня нагрузок (меры антропогенной изменённости таллома лишайника).

Согласно принципу толерантности экологическому оптимуму, относительно которого оценивается смещение состояний лишайника под действием внешних факторов, соответствует максимально развитая структура таллома. Это означает, что внешние возмущения полностью компенсируются биотической составляющей лишайника, что трактуется как непотревоженная биота [3].

Очевидно, что подобные состояния наиболее благоприятны для экосистемы и характерны для территорий заповедников, заказников и особо охраняемых природных территорий, в которых техногенное загрязнение сведено к минимуму.



В основе принципа толерантности лежит понятие динамической стабильности развития лишайника, которая ограничена двумя лимитирующими факторами, дефицитом развития лишайника, наступающим спонтанно (фазовый переход) в результате избыточности загрязнения среды его обитания (рис. 1).



Рис. 1. Толерантность лишайника к антропогенному загрязнению среды обитания

Гомеостазу лишайника, определяющему область его стабильных состояний, соответствуют следующие соотношения:

$$C_n = 2^{H-1} - 1, \quad (3)$$

$$D_d < D < D_k; D \in (1; 2), \quad (4)$$

где C_n – фрактальный показатель корреляции уровней антропогенной нагрузки и процессов ее биотической компенсации, определяемый на основе постоянной Хёрста, (H);

D_d – фрактальный показатель дефицита развития;

D_k – фрактальный показатель избыточности загрязнения.

По условиям толерантности соотношения (3) и (4) отвечают экологическому субоптимуму, при котором сохраняется пластичность структуры таллома лишайника за счет ее масштабной инвариантности к внешним возмущающим факторам [6].

Это согласуется с утверждением о том, что стабильность развития экосистемы обусловлена ее стремлением к гомеостазу за счет двух противоположно направленных процессов [7]:

– самосохранения (процессы с фрактальными показателями $D_d < D < D_0$);

– саморазвития (процессы с фрактальными показателями $D_0 < D < D_k$).

Кризисным процессам деградации лишайника в связи с избыточностью атмосферных загрязнений и наступающей стагнации развития отвечают следующие соотношения:

$$1 < D < D_d; D \in (1; 2), \quad (5)$$

$$D_k < D < 2; (D) \in (1; 2). \quad (6)$$

Для определения фрактальной размерности таллома лишайника использовалась модульная программа визуализации и анализа данных “Gwyddion” (рис. 2), в которой доступны несколько методов фрактального анализа.

1. Метод покрывающих кубов (квадратов). Применительно к изображению лишайника метод основан на подсчете кубов (квадратов), покрывающих его изображение:

$$\text{Log}N(\epsilon) = -D \text{Log}(\epsilon), \quad (7)$$

где D – фрактальная размерность таллома лишайника;

$N(\epsilon)$ – число квадратов, покрывающих его изображение;

(ϵ) – варьируемый масштаб решетки покрытия.

В основе метода лежит следующий алгоритм: кубическая (квадратная) решетка с постоянной решетки (ϵ) накладывается на расширенную по z поверхность изображения таллома.

Изначально (ϵ) задается равной $X/2$ (где X – длина края поверхности). Тогда $N(\epsilon)$ – число всех кубов (квадратов), содержащих хотя бы один пиксель изображения. Постоянная решетки (ϵ) на каждом шаге уменьшается в 2 раза, и процесс повторяется до тех пор, пока (ϵ) не станет равной расстоянию между двумя соседними пикселями. Наклон линейно аппроксимированного графика $\text{Log}N(\epsilon)$ от $\text{Log}N(\epsilon)$ даёт численное значение фрактальной размерности D (рис. 3).

Метод триангуляции похож на алгоритм подсчета кубов (квадратов), покрывающих элементы изображений. Метод работает следующим образом: сетка с размером ячейки в одну единицу измерения (ϵ) помещается на поверхность. Это определяет положение вершин набора треугольников. Площади всех треугольников рассчитываются и суммируются, чтобы получить приближенную площадь поверхности, соответствующую (ϵ). Размер сетки последовательно уменьшается в 2 раза на каждом шаге, а процесс продолжается до тех пор, пока он не станет равным расстоянию между двумя соседними точками. Наклон графика $\text{Log}S(\epsilon)$ от $\text{Log}S(\epsilon)$ при этом соответствует $D - 2$. Основным инструментом анализа пространственной связи опытных данных является вариограмма. По определению вариограмма представляет собой один из моментов второго порядка стационарной случайной функции $Z(x)$:

$$\gamma^* = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(x_i + h) - Z(x_i)]^2, \quad (8)$$

где x_i – местоположение проб;

$Z(x_i)$ – их значения;

$N(h)$ – количество пар (x_i, x_i+h) , разделенных расстоянием h , которые используются в расчете.



Рис. 2. Диалоговое окно программы «Gwyddion» для расчета фрактальной размерности

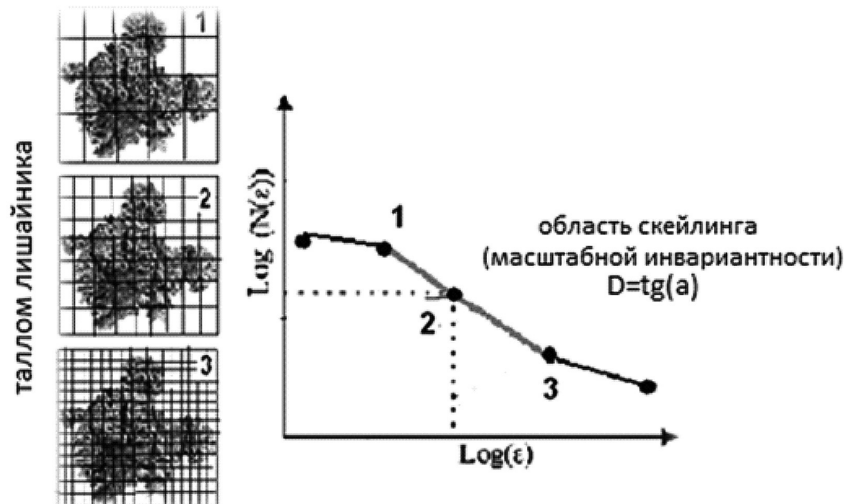


Рис. 3. Определение фрактальной размерности (мер деградации) таллома лишайника с использованием программы «Gwyddion»

Математически соотношение (1) описывает корреляционную связь между двумя случайными величинами $Z(x)$ и $Z(x+h)$, разделенными в пространстве вектором h . Сила связи зависит от изменения расстояния между точками и направления разделяющего вектора.

Эту формулу очень легко использовать, когда пробы регулярно расположены в одномерном пространстве, например вдоль выбранного профиля. Если пробы не расположены по регулярной сети, то нельзя отсутствующие значения рассчитывать по соседним пробам или приравнивать нулю, потому что истинная изменчивость будет искажаться. Квадрат разности вычисляется для всех имеющихся пар проб.

Если данные не регулярны, то вариограммы вычисляются для классов расстояний с каким-либо связанным допуском, обычно 50%, потому

что он перекрывает все возможные расстояния. Когда данные нерегулярно расположены в двухмерном пространстве, вариограммы рассчитываются как для классов расстояний, так и для углов (азимутов), характеризующих разные направления.

Если разделяющий вектор h нулевой, это выражение равно нулю. Вариограмма симметрична относительно h : $y(h) = y(-h)$. Связь может быть *изотропной*, если зависит только от модуля вектора h (то есть $y(h) = y(|h|)$), или *анизотропной*, если зависит как от модуля, так и от направления h .

В нашем случае вариограмма применяется для оценки вариации фрактальной размерности талломов лишайника в зависимости от расстояния между точками на экспериментальном и контрольном участках. Соответственно экспериментальный участок находится около дороги, а контрольный уча-



сток – в лесном массиве в одномерном пространстве вдоль выбранного профиля (трансекты).

Формула (1) для нашего эксперимента позволяет оценить дисперсию экспериментальных данных как внутри, так и между исследуемыми участками и по результатам сравнения сделать выводы относительно влияния линейного антропогенного источника (автодороги) на деградацию таллома лишайника, связанную с загрязнением воздуха от выбросов, поступающих от линейных источников загрязнения атмосферы.

Результаты и их обсуждение

В качестве экспериментальных данных брались фрактальные размерности талломов лишайника, трактуемые как мера его деградации, вызванной загрязнением воздуха. Для обоих участков были получены следующие поверхности распределения фрактальных размерностей талломов лишайника (рис. 4).

Фрактальная размерность талломов лишайников на участке вдоль дороги существенно понижена (преобладание зон с низкой фрактальной размерностью $D = 1,25-1,45$) – здесь талломы лишайника характеризуются большей угнетенно-

стью под действием токсикантов и соответственно обладают меньшей развитостью структуры.

Напротив, на фоновом участке наблюдается преобладание зон с более высокой фрактальной размерностью ($D=1,4-1,6$), что говорит о развитой структуре талломов с соответственно лучшим состоянием лишайников.

Коэффициент корреляции между обоими массивами данных высок – 0,442. Это свидетельствует о достаточно близких абиотических условиях, в которых произрастают лишайники на контрольной и экспериментальной площадках, а следовательно, о достоверности полученных распределений.

Полученные результаты поверхностного распределения меры деградации талломов лишайников свидетельствуют о техногенном влиянии автодороги на качество воздуха. Это выражается в преобладании более благоприятных для лишайника зон с мерой деградации таллома ($D = 1,4-1,6$), которые удалены от автодороги.

Этот результат не противоречит исследованиям в области лишайноиндикации: увеличение степени атмосферного загрязнения закономерно приводит к уменьшению фрактальной размерности D талломов лишайников. Физически это

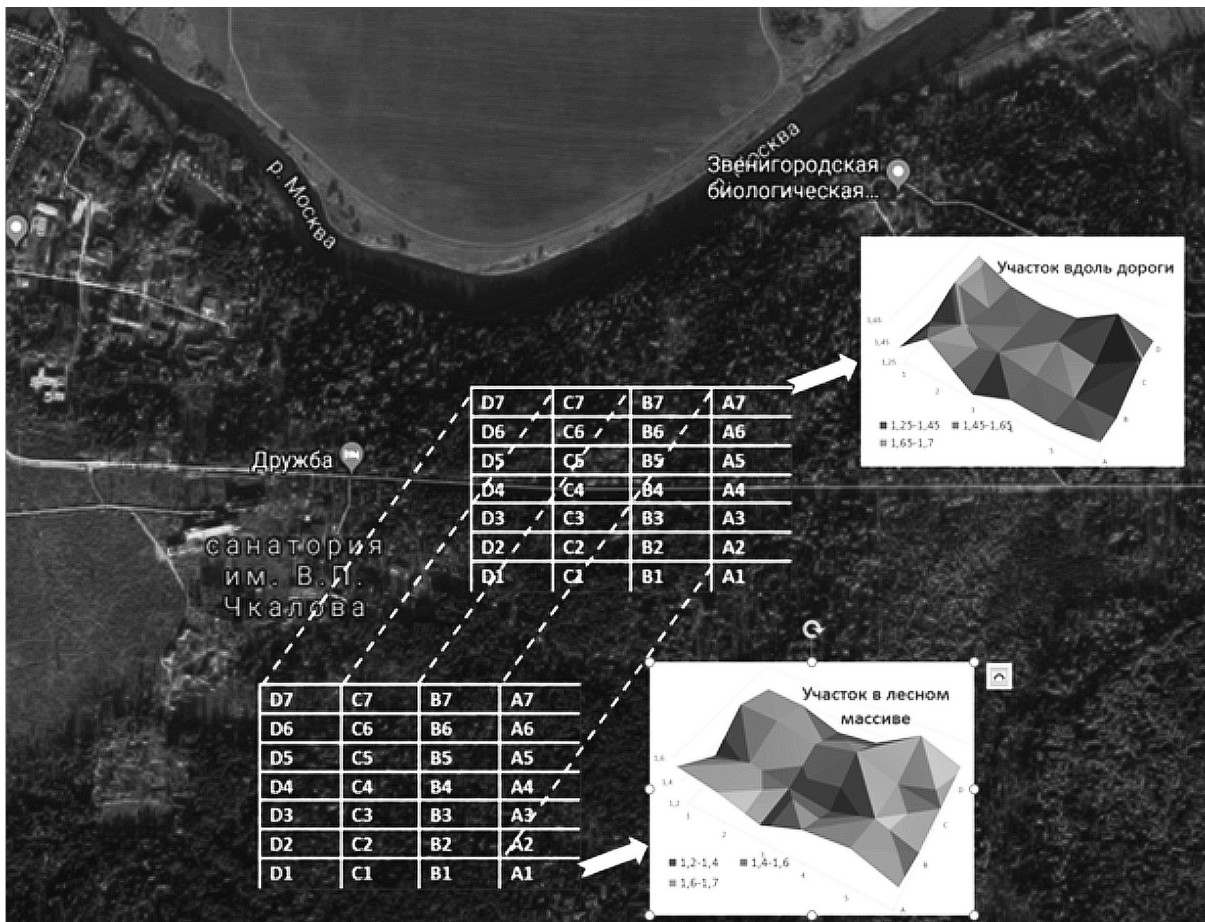


Рис. 4. Расположение и маркировка точек отбора проб на контрольном и опытном участках Звенигородской биостанции



можно объяснить следующим: поверхностные участки таллома подвержены максимальному действию токсикантов при минимальной степени их защищенности, что вызывает возникновение некрозов и повреждение талломов (снижение их плотности).

Для оценки влияния автодороги как линейного источника загрязнения воздуха построим сводную вариограмму на основании расчётных данных образцов контрольной и опытной групп (рис. 5).

На представленной сводной вариограмме по оси абсцисс откладывается расстояние между об-

разцами, а по оси ординат – возможная вариация фрактальной размерности на этом расстоянии. Чем сильнее кривизна графика, тем большая вариативность опытных данных в зависимости от расстояния присуща изучаемой величине (см. рис. 5).

Соответственно применительно к нашим опытным данным такой рост по сводной вариограмме отмечается на расстоянии 0,8–0,85 км. Это можно интерпретировать как существенное различие в распределении изучаемых показателей на двух участках, что говорит о сильной разнице в состоянии лишайников.

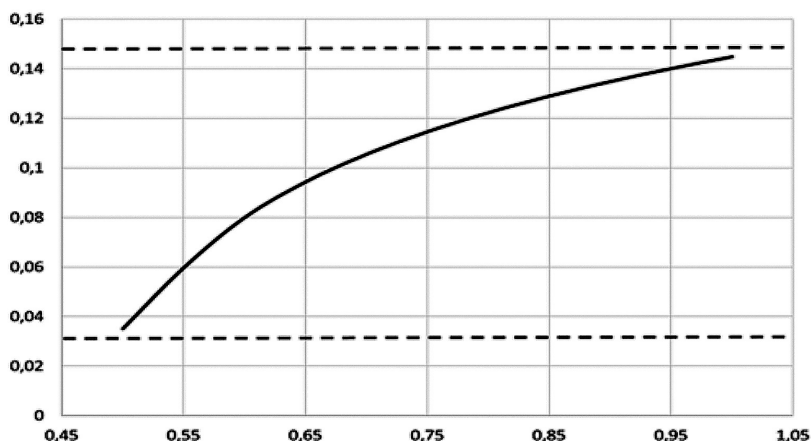


Рис. 5. Сводная вариограмма вариации фрактальной размерности талломов лишайников

Заключение

Внутри контрольного и опытного участков наблюдаются однородные свойства среды обитания лишайников. На это указывает тот факт, что разность между фрактальными размерностями талломов лишайников в двух соседних точках ожидаемо не превышает 0,03, а коэффициент ковариации внутри одной группы измерений составляет 0,039.

При переходе от экспериментального к фоновому участку состояние воздушной среды резко меняется, на что указывают вариации фрактальной размерности талломов лишайников между удаленными точками, максимальное значение которых стремится к 0,15. Разность между 0,15 и 0,03 можно интерпретировать как меру негативного влияния автодороги, которое по границе отбора проб распространяется в среднем на 800 м.

Дисперсия мер деградаций лишайников на опытном участке вдоль дороги составляет $\sigma(D) = 0,01$; $D = 1,25-1,45$. Дисперсия на контрольном лесном участке численно равна $\sigma(D) = 0,006$; $D = 1,4-1,6$. Двукратная разница в значениях дисперсии свидетельствует о наличии на опытном участке совокупности точечных источников загрязнения атмосферы (автотранспорта), выбросы от которых негативно воздействуют на развитие лишайников. При этом воздействие токсикантов на лишайники на удаленном контрольном участке минимально или отсутствует.

Предлагаемый метод вариограмм, в основе которого лежит анализ вариации параметра структуры биоиндикатора (таллома лишайника), может быть эффективно использован для решения следующих геоэкологических задач:

- зонирования территорий по степени загрязнения атмосферного воздуха как от точечных (например, объекты негативного воздействия, расположенные на территории деятельности горнодобывающего предприятия [8]), так и линейных источников загрязнения атмосферы (автомагистралей);
- разработки реабилитационных мероприятий окружающей природной среды и проведения геосистемного районирования техногенно нагруженных территорий [9];
- корректировки профиля санитарно-защитной зоны сообразно размещению источников негативного воздействия.

Библиографический список

1. Об автомобильных дорогах и о дорожной деятельности в Российской Федерации и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации : федер. закон : принят Гос. Думой 8 ноября 2007 г. [Электронный ресурс]. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_72386/ (дата обращения: 18.07.2019).
2. Фракталы в науках о Земле : учеб. пособие / А. Н. Насонов, И. В. Цветков, И. М. Жогин [и др.]. Воронеж : Ковчег, 2018. 82 с.



3. Насонов А. Н., Цветков И. В., Кизеев А. Н., Кульнев В. В., Мартынов Д. Ю., Сметанин В. И. Применение фрактального анализа в лишеноиндикации загрязнения атмосферного воздуха техногенно нагруженных территорий // Экология и промышленность России. Москва. 2019. Т. 23, № 3. С. 34–38.
4. Об особо охраняемых природных территориях : федер. закон : принят Гос. Думой 14 марта 1995 г. [Электронный ресурс]. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_6072/ (дата обращения: 18.07.2019).
5. Хадарцев А. А., Еськов В. М. Системный анализ, управление и обработка информации в биологии и медицине / под ред. В. М. Еськова. Самара : Офорт, 2005. 153 с.
6. Опекунов А. Ю., Ганул А. Г. Теория и практика экологического нормирования в России : учебник. СПб. : Издательство Санкт-Петербургского университета, 2014. 431 с.
7. Васильев А. И. Стационарность, устойчивость и стабильность назначены человечеству «свыше». М. : Академия Тринитаризма, 2009 [Электронный ресурс]. URL: <http://www.trinitas.ru/rus/doc/0012/001c/00121878.htm> (дата обращения: 20.07.2019).
8. Экогеосистемы горнодобывающего класса северо-запада Восточно-Европейской платформы (Мурманская область) / А. Н. Кизеев, С. Ф. Ушамова, Е. Б. Коклянов [и др.] // Экологическая геология крупных горнодобывающих районов Северной Евразии (теория и практика). Воронеж : Издательство Воронежского университета, 2015. С. 282–326.
9. Почечун В. А., Кульнев В. В. Геосистемное районирование как основа для реабилитационных мероприятий окружающей среды горнометаллургического комплекса (на примере металлургического комбината) // Медицина труда и промышленная экология. Москва. 2016. № 10. С. 36–39.

Образец для цитирования:

Насонов А. Н., Кульнев В. В., Цветков И. В., Шибалова Г. В., Кизеев А. Н., Насонов С. Н. Применение фрактального анализа при лишеноиндикации техногенного воздействия от линейного источника загрязнения атмосферы // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2019. Т. 19, вып. 4. С. 233–240. DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2019-19-4-233-240>

Cite this article as:

Nasonov A. N., Kul'nev V. V., Tsvetkov I. V., Shibalova G. V., Kizeev A. N., Nasonov S. N. The Application of Fractal Analysis for the Lichen Indication of Technogenic Impact from a Linear Source of Atmospheric Pollution. *Izv. Saratov Univ. (N. S.), Ser. Earth Sciences*, 2019, vol. 19, iss. 4, pp. 233–240 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2019-19-4-233-240>



УДК 504.056:656(571.53)

Загрязнение атмосферного воздуха Иркутской агломерации выбросами автомобильного транспорта

С. А. Новикова, М. Ю. Шиховцев

Новикова Светлана Александровна, старший преподаватель, Иркутский государственный университет, novikovasveta41@mail.ru

Шиховцев Максим Юрьевич, магистрант, Иркутский государственный университет, max97irk@yandex.ru

Целью статьи является оценка вклада выбросов автотранспортных средств в загрязнение атмосферного воздуха Иркутской агломерации на примере крупного промышленно-транспортного города Ангарска. Осуществлены расчеты выбросов на основе данных натурных обследований состава и интенсивности движения автотранспортных средств на крупных перекрестках г. Ангарска в часы пик. С помощью программного комплекса «Эколог» рассчитана концентрация основных вредных веществ, выбрасываемых в атмосферу автотранспортом. По результатам проведенных расчетов построены карты-схемы концентрации загрязняющих веществ, поступающих в атмосферный воздух от автомобильного транспорта. Анализ полученных данных позволил сделать вывод о превышении установленных санитарно-гигиенических нормативов. Среди рассмотренного перечня эмиссий выявлена максимальная концентрация сажи, диоксида азота, оксида углерода, диоксида серы. Результаты расчетов сравнены с данными наблюдений, регистрируемыми на автоматических станциях контроля атмосферы Ангарска. Выявлены территории города, находящиеся в зоне повышенного атмосферного загрязнения, создаваемого автомобильным транспортом.

Ключевые слова: воздушный бассейн, автотранспорт, загрязняющие вещества, санитарно-гигиенические нормативы, повышенная концентрация, автоматические станции контроля атмосферы, карты-схемы.

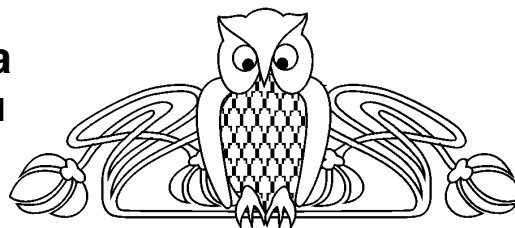
Atmospheric Pollution of the Irkutsk Agglomeration by Automobile Emissions

S. A. Novikova, M. Y. Shikhovtsev

Svetlana A. Novikova, <https://orcid.org/0000-0003-2534-3379>, Irkutsk State University, 1 K. Marx St., Irkutsk 664003, Russia, novikovasveta41@mail.ru

Maxim Y. Shikhovtsev, <https://orcid.org/0000-0002-7177-907X>, Irkutsk State University, 1 K. Marx St., Irkutsk 664003, Russia, max97irk@yandex.ru

The aim of the work is to assess the contribution of vehicle emissions to air pollution of the Irkutsk agglomeration, on the example of a large industrial and transport city of Angarsk. In order to achieve the goal, emission calculations were carried out on the basis of field surveys of the composition and traffic intensity of vehicles at major intersections of Angarsk during peak hours. With the help of the program complex «Ecologist» calculations of concentrations of the main harmful substances emitted into the atmosphere by vehicles were carried out.



According to the results of the calculations, maps-schemes of concentrations of pollutants entering the air from road transport were created. The analysis of the received results allowed to draw a conclusion about exceeding of the established sanitary and hygienic standards. Among the considered list of emissions, the maximum concentrations of soot, nitrogen dioxide, carbon monoxide, sulfur dioxide were revealed. The results of the calculations have been compared with observed data recorded at the automatic monitoring stations of the atmosphere of the city of Angarsk. The territories of the city that are in the zone of increased atmospheric pollution created by auto transport were identified.

Keywords: air basin, vehicles, contaminants, sanitary and hygienic standards, increased concentrations, automatic stations for monitoring atmospheric, schematic maps.

DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2019-19-4-241-252>

Введение

Одной из наиболее острых экологических проблем современных городов является загрязнение воздушного бассейна выбросами автомобильного транспорта и стационарных источников промышленных предприятий. Не является исключением и город Ангарск, входящий в состав Иркутской агломерации. Данная ситуация в Ангарске складывается по ряду причин: неудовлетворительное состояние дорожного покрытия, которое регулярно разрушается из-за высокой амплитуды температур, увеличение транспортных потоков, несоответствие транспортных средств экологическим требованиям, отсутствие подземных парковок, узкие улицы, загруженные припаркованными автомобилями в течение суток. Все вышперечисленное ведет к недостаточной пропускной способности автомагистралей и, как следствие, возникновению пробок, что, в свою очередь, приводит к часто повторяющимся циклам торможения и начала движения автомобиля. Как известно, во время работы автотранспортных средств на холостом ходу выбросы загрязняющих веществ увеличиваются в среднем в 6 раз по сравнению с выбросами от движущихся автомобилей.

В выхлопных газах содержится огромный спектр веществ, многие из которых являются весьма токсичными и канцерогенными. В настоящее время загрязнение компонентов окружающей среды (воздуха, воды, почвы) химическими соединениями может рассматриваться как «бомба замедленного действия», которая угрожает среде обитания человека и стабильности биосферы в целом. Попадая в атмосферу из низкорасположен-



ных выхлопных труб, эмиссии рассеиваются на уровне дыхания людей. Повышенная концентрация загрязняющих веществ в атмосфере оказывает негативное влияние на здоровье людей, проживающих вблизи автомагистралей. Суммарное действие неблагоприятных факторов физической и химической природы может привести не только к заболеваниям отдельных систем организма человека, но и к сокращению продолжительности его жизни.

Объект исследования

Ангарск – город Восточной Сибири – с прилегающими населенными пунктами образует Ангарский городской округ. Он расположен в южной, наиболее освоенной и экономически развитой части Иркутской области. Город назван в честь р. Ангары. При оценке состояния атмосферного воздуха на территории г. Ангарска необходимо учитывать как физико-географические и климатические особенности территории, так и многообразие источников выбросов загрязняющих веществ в атмосферу. В г. Ангарске холодно-умеренный климат с дождливым летом и достаточно сухой зимой. По классификации климатов Кеппена – влажный континентальный климат с теплым летом и очень холодной зимой. Среднегодовая температура составляет $-0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$, в год выпадает около 485 мм осадков, на май–август их приходится порядка 64%. Средние многолетние значения метеорологических характеристик, рассчитанных за период 1984–2009 гг. по данным метеорологической станции г. Ангарска, представлены в табл. 1. Роза ветров исследуемой территории приведена на рис. 1.

Таблица 1

Метеорологические параметры территории г. Ангарска

Наименование характеристик	Величина
Коэффициент А, зависящий от температурной стратификации атмосферы	200
Средняя максимальная температура воздуха, $^{\circ}\text{C}$:	
жаркого месяца года	25,0
холодного месяца года	-21,0
Скорость ветра, вероятность превышения которой 5%, м/с	4
Штиль	17
Коэффициент рельефа местности	1

Примечание. Коэффициент, учитывающий влияние рельефа местности на рассеивание примесей в воздухе в районе ТЭЦ-9, расположенной в г. Ангарске, рассчитан для максимальной высоты источника выбросов 120 м.

Тенденции развития Ангарска проявляются прежде всего в расширении городской застройки, интенсивном росте пригородов в направлении радиальных межгородских связей, усложнении

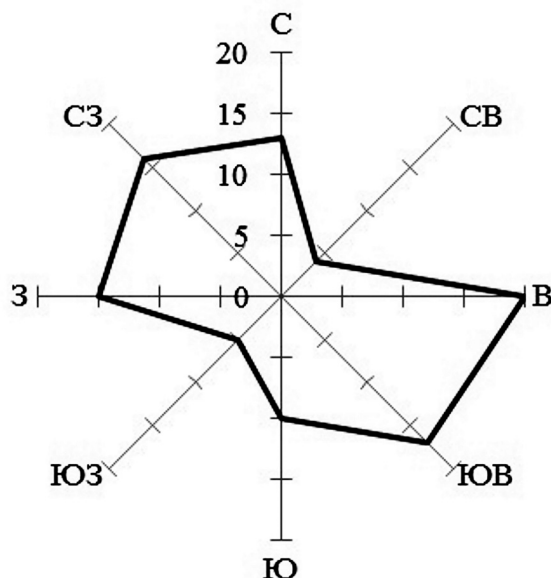


Рис. 1. Роза ветров исследуемой территории

функционального зонирования территории, росте индустриально-производственных и коммунально-складских зон, что неизбежно сопровождается негативными изменениями окружающей природной среды. По территории Ангарского района проходят Транссибирская магистраль и федеральная трасса М-53 «Байкал», нефтепроводы «Омск-Иркутск» и «Красноярск-Иркутск», а также этиленопровод «Ангарск-Саянск». Функционирует продуктопровод «Ангарск-Иркутск», по которому поставляют авиационный керосин с Ангарской нефтехимической компании (АНХК) в АО «Международный Аэропорт Иркутск». Что касается транспортной инфраструктуры города, то общая площадь улично-дорожной сети составляет 2527,2 тыс. м^2 . Пассажирские автобусы перевозят до 85 % пассажиров.

По состоянию воздушной среды г. Ангарск входит в список 45 городов России с высоким уровнем загрязнения атмосферы [1]. Для источников загрязнения атмосферы на территории города характерны большие валовые выбросы продуктов сжигания топлива и значительная приземная концентрация этих веществ [2]. Кроме того, в вечернее и ночное время суток в черте г. Ангарска и его окрестностях регулярно проводятся несогласованные с администрацией соревнования среди любителей дрифта, которые также вносят свой вклад в экологическое состояние города. Так, по данным государственных докладов о состоянии окружающей среды [3–19], за период с 2000 по 2016 г. выбросы загрязняющих веществ от автотранспорта увеличились с 25,5 до 46,1 тыс. т, что вывело Ангарск на второе место по количеству выбросов загрязняющих веществ от автотранспорта среди городов Иркутской агломерации с наибольшим средним загрязнением атмосферы.



Анализ значений фоновой концентрации вредных веществ в атмосферном воздухе г. Ангарска, регистрируемых Иркутским центром по мониторингу загрязнения окружающей среды (ЦМС) (табл. 2), позволил выявить превышение максимальной разовой предельно допустимой концентрации (ПДК_{мр}) следующих загрязняющих веществ: оксида углерода при скорости ветра 0,2 м/с в 1,17 раз и при скорости ветра 3 м/с в среднем в 1,3 раза, формальдегида в 7,5 раз, бенз(а)пирена в 10,2 раза. Более того, выявлено превышение самых жестких санитарно-гигиенических нормативов – среднесуточной предельно допустимой концентрации (ПДК_{сс}) взвешенного

вещества, оксида углерода в среднем в 1,3 раза, диоксида азота в 2,0 раза, формальдегида в 7,5 раз и бенз(а)пирена в 10,2 раза. На границе ПДК_{сс} находится концентрация взвешенных веществ при восточном направлении ветра и скорости 3 м/с – превышение в 0,97 раз, диоксида серы при восточном, южном направлении ветра и скорости 3 м/с – в 0,98 раз, аммиака при скорости ветра 0,2 м/с – в 0,78 раз, при восточном, северном и западном направлении ветра и скорости 3 м/с – в 0,70, 0,83, 0,88 раз соответственно, фенола при скорости ветра 0,2 м/с – в 1,0 раз, при северном и западном направлении ветра и скорости 3 м/с – в 1,0 раз соответственно.

Таблица 2

Значение фоновой концентрации вредных веществ в атмосферном воздухе г. Ангарска

Вредное вещество	Норматив, мг/м ³		Значение концентрации, мг/м ³					Средние
	ПДК _{мр}	ПДК _{сс}	При скорости 0,2 м/с	При скорости ветра 3 м/с и направлении				
				С	В	Ю	З	
Взвешенное вещество	0,5	0,15	0,228	0,167	0,146	0,276	0,167	0,197
Диоксид серы	0,5	0,05	0,020	–	0,049	0,049	–	0,039
Оксид углерода	3,0	3,0	3,500	4,200	3,600	3,600	3,500	3,680
Диоксид азота	0,2	0,04	0,085	0,075	0,074	0,074	0,075	0,077
Сероводород	0,008	–	0,004	0,004	0,004	0,004	0,003	0,004
Аммиак	0,2	0,04	0,031	0,033	0,028	0,044	0,035	0,034
Формальдегид	0,003	0,003	0,022	0,022	0,022	0,022	0,024	0,022
Фенол	0,01	0,003	0,003	0,003	0,004	0,004	0,003	0,003
Свинец и оксид свинца	0,001	0,0003	6·10 ⁻⁵	6·10 ⁻⁵	6·10 ⁻⁵	6·10 ⁻⁵	6·10 ⁻⁵	6·10 ⁻⁵
Бенз(а)пирен	10 ⁻⁶	10 ⁻⁶	10,2·10 ⁻⁶	10,2·10 ⁻⁶	10,2·10 ⁻⁶	10,2·10 ⁻⁶	10,2·10 ⁻⁶	10,2·10 ⁻⁶

Примечание. ПДК_{мр} и ПДК_{сс} – максимально разовая и средняя суточная предельно-допустимая концентрация загрязняющих веществ в воздухе населенных мест соответственно; «-» – значения не установлены; С – северное, В – восточное, Ю – южное, З – западное направление ветра соответственно.

Методы исследования

Как известно, измерение уровня загрязнения атмосферного воздуха основными загрязняющими веществами производится на автоматических станциях контроля атмосферы (АСК-А). На АСК-А осуществляются контроль основных метеорологических параметров и передача по радиоканалу полученных оперативных данных в центр сбора и обработки информации. В настоящее время в г. Ангарске расположено две АСК-А: № 3 на ул. Ворошилова и № 4 на ул. Московская, входящие в сеть наблюдений Иркутского управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (УГМС) (рис. 2). Газоаналитическое оборудование экологических постов г. Ангарска дает возможность измерения концентрации следующих ингредиентов: диоксида серы (SO₂), сероводорода (H₂S), оксида азота (NO, NO₂), аммиака (NH₃), оксида углерода (CO), озона (O₃), метана (CH₄), суммы углеводородов без метана (C₂-C₁₂), взвешенных частиц (пыль) –

PM10, PM2,5. Регистрация данных происходит в непрерывном режиме каждые 20 минут для определения среднесуточной концентрации.

Так, на первом этапе исследования проведена оценка уровня загрязнения атмосферного воздуха г. Ангарска. С помощью методов математической статистики обработаны данные о выбросах загрязняющих веществ и метеорологических параметрах за период с 2014 по 2016 г., регистрируемые на АСК-А № 3 и № 4. Кроме того, были рассчитаны коэффициенты корреляции между концентрацией таких загрязняющих веществ, как оксиды углерода и азота, диоксиды серы и азота, сероводород и метеорологическими параметрами (температура и влажность воздуха, атмосферное давление, скорость и направление ветра) за рассматриваемый период (табл. 3).

На следующем этапе в рамках настоящего исследования проведены авторские натурные наблюдения с помощью видеозаписывающего устройства (видеокамеры) за составом и интенсивностью движения автотранспортных

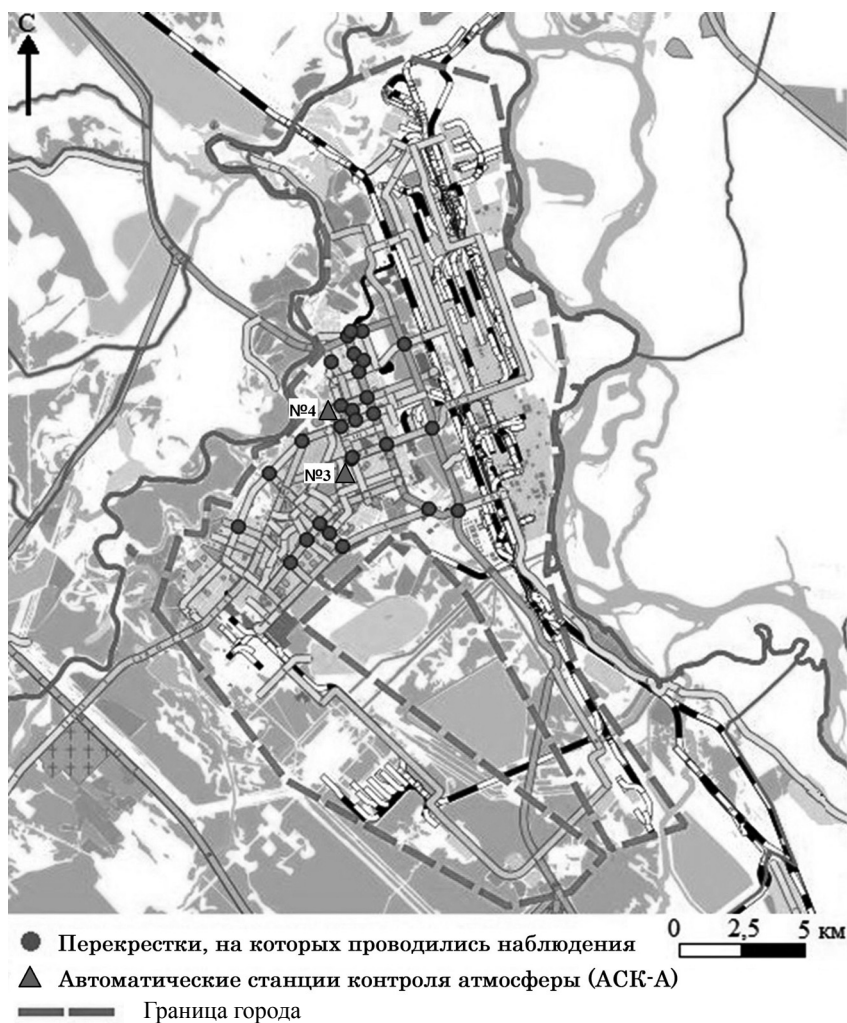


Рис. 2. Карта расположения точек натуральных наблюдений и автоматических станций контроля атмосферы в г. Ангарске

Таблица 3

Коэффициенты корреляции между выбросами загрязняющих веществ и метеорологическими параметрами, зафиксированными на АСК-А г. Ангарска

№ 3 – ул. Ворошилова					
Концентрация загрязняющих веществ, мг/м ³	Метеорологические параметры				
	<i>T</i> , °С	<i>H</i> , %	<i>P</i> , мм. рт. ст.	<i>V</i> , м/с	<i>N</i> , град.
Оксид углерода	-0,6000	0,4800	0,5500	-0,5200	0,1500
Оксид азота	-0,8500	0,4900	0,7900	-0,5500	0,3500
Диоксид азота	-0,6100	0,2600	0,4400	-0,2700	0,3300
Диоксид серы	-0,2700	-0,2400	0,2700	0,3400	0,5900
Сероводород	-0,0500	0,2000	0,0300	-0,0600	0,5900
№ 4 – ул. Московская					
Оксид углерода	-0,4450	0,5460	0,5070	-0,4440	-0,4970
Оксид азота	-0,7170	0,4680	0,7360	-0,4030	-0,7690
Диоксид азота	-0,8910	0,4460	0,7520	-0,2850	-0,8690
Диоксид серы	-0,0090	-0,2960	0,0570	0,2990	-0,0003
Сероводород	-0,3480	-0,0350	0,5310	-0,0750	-0,3820

Примечание. *T* – температура окружающей среды; *H* – влажность воздуха; *P* – атмосферное давление; *V* – скорость ветра; *N* – направление ветра.



средств (АТС) на 35 перекрестках г. Ангарска в 2014–2016 гг. (рис. 2). Обследуемые перекрестки выбирались в районах с интенсивным движением транспорта, на участках дорог, где часто разгоняются и тормозят автомобили и, как следствие, выбрасывается наибольшее количество эмиссий, а также в местах скопления вредных примесей за счет слабого рассеивания (кольцевые развязки, узкие участки улиц с многоэтажными зданиями).

Осредненные данные, полученные в ходе натурных наблюдений на перекрестках г. Ангарска, представлены в табл. 4. Натурные наблюдения велись за автомобилями трех категорий: легковые, грузовые, автобусы (маршрутные такси). Подсчет АТС, проходящих по выбранным участкам дорог и перекресткам, проводился в течение 20 минут в утренние, дневные и вечерние часы пик: 8.00–9.00, 12.00–13.00, 17.00–19.00 соответственно.

Таблица 4

Данные натурных наблюдений на перекрестках г. Ангарска

Участки дорог, перекрестки	Количество автотранспортных средств, единицы			
	Легковые	Грузовые	Автобусы	Всего
ул. Ворошилова – ул. Горького	940	52	56	1048
ул. Ворошилова – ул. Чайковского	983	67	65	1115
ул. Чайковского – Московский тракт	660	8	92	759
ул. Карла Маркса – ул. Чайковского	948	28	88	1064
ул. Карла Маркса – ул. Горького	748	5	148	901
ул. Карла Маркса – ул. Кирова	510	6	58	574
ул. Кирова – ул. Олега Кошевого	255	5	60	320
ул. Кирова – Московский тракт	467	15	47	530
ул. Олега Кошевого – ул. Сибирская	567	15	70	652
ул. Трудовых Резервов – ул. Чапаева – ул. Олега Кошевого	212	2	29	243
ул. Карла Маркса – Московский тракт	734	30	52	816
ул. Карла Маркса – ул. Декабристов (кольцевая развязка – выезд из г. Ангарска)	564	28	48	640
ул. Карла Маркса – ул. Ленина	533	0	113	646
ул. Ленина – ул. Героев Краснодона	691	14	44	750
ул. Московская – ул. Глинки	256	0	20	276
ул. Московская – ул. Горького	815	0	51	866
ул. Блудова – ул. Коминтерна – ул. Жилая	200	15	3	218
ул. Коминтерна – ул. Космонавтов (кольцевая развязка)	548	16	54	618
ул. Коминтерна – Ангарский проспект	800	10	100	910
Ангарский проспект – ул. Крупской	540	8	50	598
ул. Космонавтов – ул. Алешина	443	16	35	495
ул. Алешина – ул. Горького	557	33	57	647
Ангарский проспект – ул. Алешина	525	24	68	617
Ангарский проспект – ул. Декабристов (кольцевая развязка)	777	16	31	824
ул. Фридриха Энгельса – 181-й квартал – ул. Социалистическая – ул. Алешина	804	16	26	846
ул. Фестивальная – ул. Социалистическая	876	24	80	980
Ленинградский проспект – ул. Социалистическая	1060	40	66	1166
Ленинградский проспект – ул. Институтская – ул. Волгина	637	21	48	706
Ленинградский проспект – Ангарский проспект	832	5	91	928
ул. Иркутская – ул. Чкалова – ул. Восточная	599	11	72	681
ул. Зои Космодемьянской – ул. А. Матросова	206	8	16	231
ул. Набережная – ул. Московская	515	11	59	584
ул. 40 лет Победы – ул. Декабристов	250	12	20	282
ул. Первый промышленный массив	125	0	8	133
ул. Мичурина – ул. Чапаева	104	2	7	113



В качестве одного из методов использовалась стандартная методика определения выбросов автотранспорта для проведения сводных расчетов загрязнения атмосферы городов [20], которая может применяться ко всем категориям АТС при эксплуатации в городских условиях. С использованием данных натуральных видеонаблюдений за составом и интенсивностью движения АТС по методике [20] проведен расчет выбросов от автотранспортных средств следующих загрязняющих веществ: оксида углерода (CO), диоксида азота (NO₂), диоксида серы (SO₂), сажи, формальдегида (CH₂O), бенз (а) пирена (C₂₀H₁₂), предельных углеводородов (СН).

Далее с помощью программы расчета загрязнения атмосферы «Эколог» (фирмы «Интеграл», г. Санкт-Петербург), базирующейся на методах расчетов рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе [21], был проведен расчет приземной концентрации загрязняющих веществ от автотранспортных средств, проходящих по выбранным перекресткам (см. рис. 2, табл. 4).

Нормы, предлагаемые в методиках, предназначены для расчета приземной концентрации в двухметровом слое над поверхностью земли, а также вертикального распределения концентрации. Ограничительными критериями концентрации в программном комплексе (ПК) «Эколог» являются ПДК_{мр}, рассчитанные на 20–30-минутный интервал пребывания живых организмов в зоне атмосферного загрязнения. Однако это не является приемлемым для жилой (жилой) зоны, в связи с чем расчет концентрации загрязняющих веществ в настоящей статье проводился в сравнении с наиболее жесткими санитарно-гигиеническими нормативами – ПДК_{сс}. В программе «Эколог» значения приземной концентрации в расчетных точках выдаются в долях ПДК. Поскольку все справочные данные в ПК являются редактируемыми, то при замене в справочнике значений ПДК_{мр} на ПДК_{сс} программа автоматически выполняет пересчет, выдавая значения в долях ПДК_{сс}.

В качестве входной информации в программу «Эколог» использовались следующие параметры: выбросы загрязняющих веществ (г/с), предварительно рассчитанные по методике [21], координаты пространственного расположения выбранных участков автомагистралей, протяженность и ширина дорожного полотна, количество автотранспортных средств всех категорий, проходящих по участку дороги за фиксированный интервал времени (20 минут), метеорологические параметры исследуемой территории (коэффициент, зависящий от температурной стратификации атмосферы, определяющий условия горизонтального и вертикального рассеивания примесей в атмосферном воздухе (200), направление и скорость ветра), а также коэффициент учета рельефа местности (1).

В результате расчетов и статистической обработки данных было проведено сравнение значений концентрации, зарегистрированных на АСК-А г. Ангарска и полученных с помощью ПК «Эколог».

Результаты исследования и их обсуждение

На первом этапе исследования опытным путем было установлено, что на распространение примесей от антропогенных источников оказывают влияние метеорологические условия территории. Так, коэффициенты корреляции между концентрацией загрязняющих веществ и некоторыми метеорологическими параметрами (влажностью – *H*, давлением – *P* и направлением ветра – *N*), зафиксированными на АСК-А № 3 (ул. Ворошилова), в подавляющем большинстве случаев положительные, что свидетельствует о прямой линейной зависимости между этими показателями. Корреляции между концентрацией загрязняющих веществ, температурой (*T*) и скоростью ветра (*V*) отрицательные, следовательно, между этими показателями прослеживается обратная линейная связь (см. табл. 3). Коэффициенты корреляции между концентрацией всех загрязняющих веществ, температурой атмосферного воздуха и скоростью ветра, зафиксированные на АСК-А № 4 (ул. Московская), отрицательные, что свидетельствует об отсутствии линейной зависимости между этими параметрами. Коэффициенты корреляции между концентрацией таких загрязняющих веществ, как оксид углерода, оксиды азота и влажностью воздуха положительные, между концентрацией остальных загрязняющих веществ и влажностью воздуха – отрицательные. Корреляции между концентрацией всех вредных веществ и атмосферным давлением положительные, следовательно, между этими показателями прослеживается прямая линейная связь. Коэффициенты корреляции между скоростью ветра и концентрацией всех эмиссий (кроме диоксида серы) отрицательные.

В результате статистической обработки данных, полученных с двух АСК-А г. Ангарска, установлено, что наибольшими коэффициентами корреляции, свидетельствующими о «сильных» прямых и обратных связях соответственно, характеризуются показатели концентрации оксидов азота и температуры воздуха (-0,8910, -0,8500, -0,7170), атмосферного давления (0,7360, 0,7520, 0,7900) и направления ветра (-0,8690, -0,7690).

«Заметными» прямыми и обратными связями характеризуются коэффициенты корреляции между такими показателями, как: диоксид азота, оксид углерода и температура воздуха (-0,6100, -0,6000 соответственно); оксид углерода и влажность воздуха (0,5460); оксид углерода, сероводород и атмосферное давление (0,5070, 0,5500, 0,5310); оксид азота, оксид углерода и скорость ветра (-0,5500, -0,5200); диоксид серы, сероводород и направление ветра (0,5900, 0,5900).



«Умеренными» прямыми и обратными связями характеризуются коэффициенты корреляции между такими показателями, как: оксид углерода, сероводород и температура воздуха (-0,4450, -0,3480 соответственно); оксид углерода, оксиды азота и влажность воздуха (0,4800, 0,4900, 0,4680, 0,4460); диоксид азота и атмосферное давление (0,4400); оксид углерода, оксид азота, диоксид серы и скорость ветра (-0,4440, -0,4030, 0,3400); оксид углерода, сероводород, оксиды азота и направление ветра (-0,4970, -0,3820, 0,3300, 0,3500).

«Слабыми» прямыми и обратными связями характеризуются коэффициенты корреляции между такими показателями, как: диоксид серы, сероводород и температура воздуха (-0,2700, -0,0090, -0,0500 соответственно); диоксид серы, сероводород, диоксид азота и влажность воздуха (-0,2960, -0,2400, -0,0350, 0,2000, 0,2600); сероводород, диоксид серы и атмосферное давление (0,0300, 0,0570, 0,2700); диоксид азота, сероводород, диоксид серы и скорость ветра (-0,2700, -0,2850, -0,0600, 0,2990); диоксид серы, оксид углерода и направление ветра (-0,0003, 0,1500) (см. табл. 3).

Далее был проведен анализ средних показателей концентрации вредных веществ, зафиксированных на АСК-А г. Ангарска (ул. Ворошилова и ул. Московская) за период 2014–2016 гг. Максимальная концентрация оксида углерода, регистрируемая на обеих АСК-А г. Ангарска, наблюдалась в осенне-зимние месяцы (ноябрь–февраль), минимальная – в летние месяцы (июнь–июль). Превышения ПДК_{сс} (3 мг/м³) и ПДК_{мр} (5 мг/м³) данного вещества за весь период наблюдений не прослеживалось.

Превышение ПДК_{сс} (0,04 мг/м³) диоксида азота, регистрируемое на АСК-А № 3 (ул. Ворошилова), наблюдалось на протяжении всего рассматриваемого периода в 1,8 раза в 2014–2015 гг.

и 1,4 раза в 2016 г. (рис. 3). Наибольшие значения средних показателей концентрации диоксида азота, регистрируемые на АСК-А № 4 (ул. Московская), наблюдались в 2016 г. (январь–март), наименьшие – в 2014 г. (июль–август). Превышение ПДК_{сс} данного вещества в 1,03 раза выявлено в декабре 2014 г., в 1,3 раза – декабре–марте 2015 г. (в ноябре 2015 г. концентрация была на границе ПДК_{сс}) и в 1,4 раза январь–марте 2016 г. (рис. 4). Превышение ПДК_{мр} диоксида азота (0,2 мг/м³) на обеих станциях не зафиксировано.

Превышение ПДК_{сс} диоксида серы (0,05 мг/м³) в среднем в 1,5 раза, регистрируемое на АСК № 3 (ул. Ворошилова), наблюдалось в феврале–апреле, июне и октябре 2015 г., в 1,2 раза – феврале–марте 2016 г. (рис. 5). Превышение ПДК_{сс} диоксида серы в среднем в 1,3 раза, регистрируемое на АСК-А № 4 (ул. Московская), наблюдалось в феврале–марте, июле, сентябре и октябре 2015 г. (рис. 6). Превышения ПДК_{мр} (0,5 мг/м³) загрязняющего вещества на обеих станциях выявлено не было.

Карта-схема распределения концентрации сажи на территории г. Ангарска в часы пик представлена на рис. 7. Для лучшей визуализации полученных результатов изолинии расчетной концентрации загрязняющих веществ были совмещены с картами, взятыми из программы «Quantum GIS» («QGIS»). Максимальная концентрация сажи в г. Ангарске в часы пик составляет 9,8 ПДК_{сс} (ПДК_{сс} = 0,05 мг/м³) (см. рис. 7). Наибольшая концентрация диоксида азота, создаваемая автотранспортом на исследуемых перекрестках, равна 5,7 ПДК_{сс} (рис. 8). Максимальная концентрация оксида углерода составляет 4,5 ПДК_{сс} (рис. 9). Наибольшая концентрация диоксида серы, создаваемая автотранспортом на исследуемых перекрестках г. Ангарска в часы пик, равна 3,4 ПДК_{сс} (рис. 10).

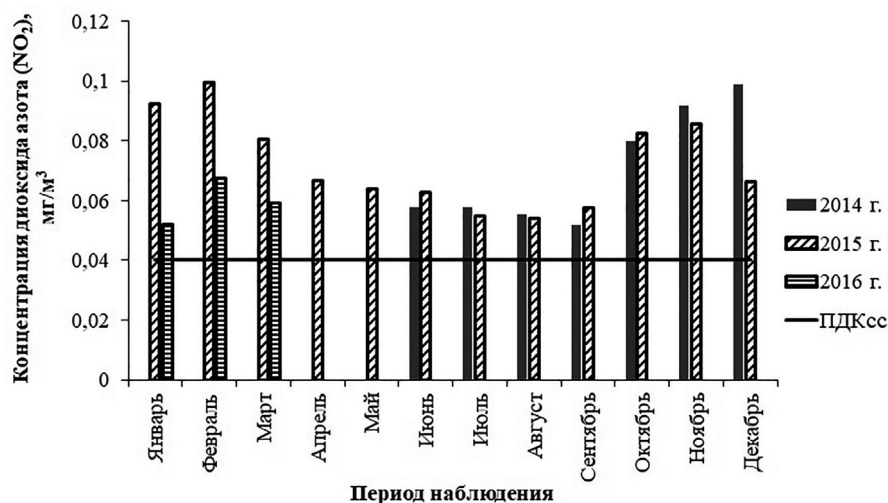


Рис. 3. Динамика средних показателей концентрации диоксида азота, зарегистрированных на АСК-А № 3 (ул. Ворошилова) г. Ангарска в 2014–2016 гг.

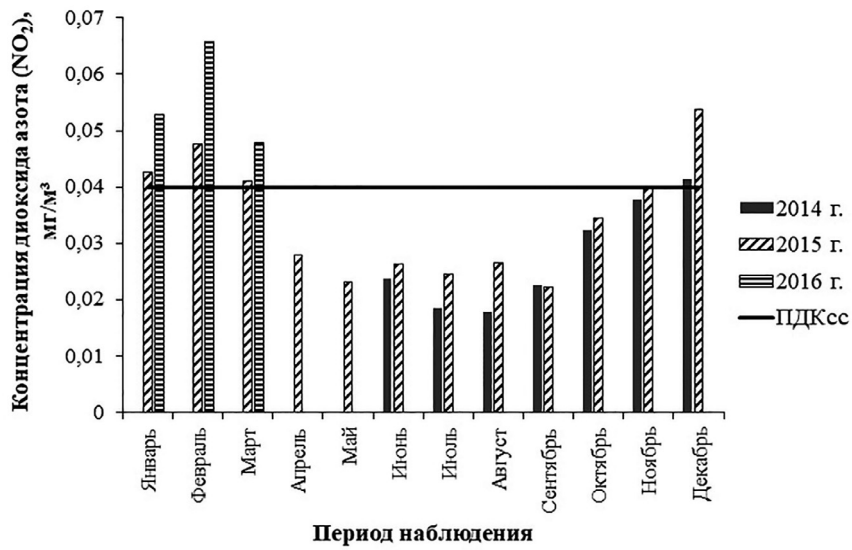


Рис. 4. Динамика средних показателей концентрации диоксида азота, зарегистрированных на АСК-А № 4 (ул. Московская) г. Ангарска в 2014–2016 гг.

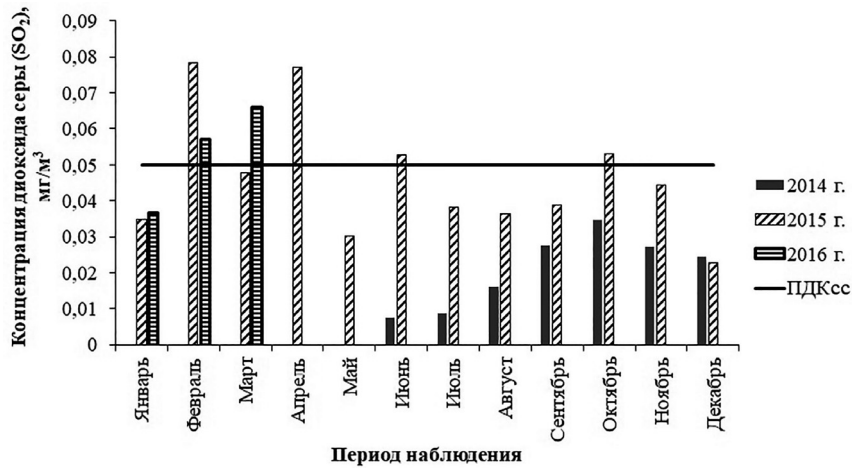


Рис. 5. Динамика средних показателей концентрации диоксида серы, зарегистрированных на АСК-А № 3 (ул. Ворошилова) г. Ангарска в 2014–2016 гг.

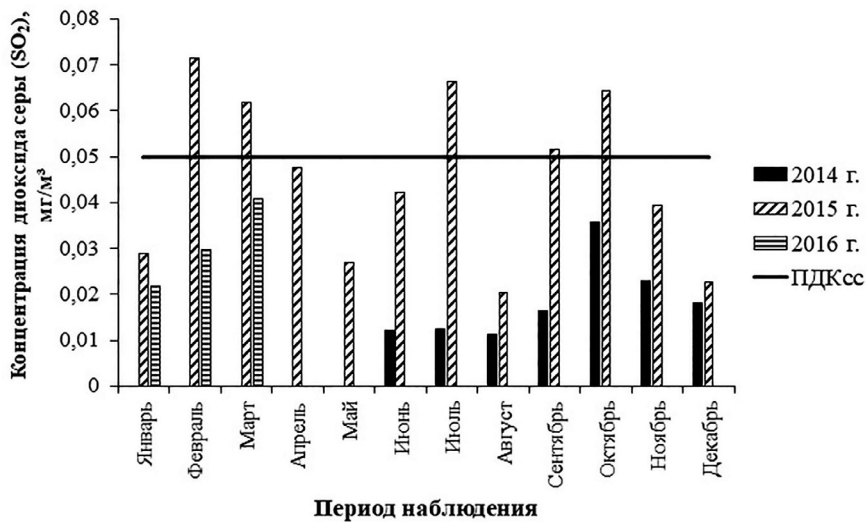


Рис. 6. Динамика средних показателей концентрации диоксида серы, зарегистрированных на АСК-А № 4 (ул. Московская) г. Ангарска в 2014–2016 гг.

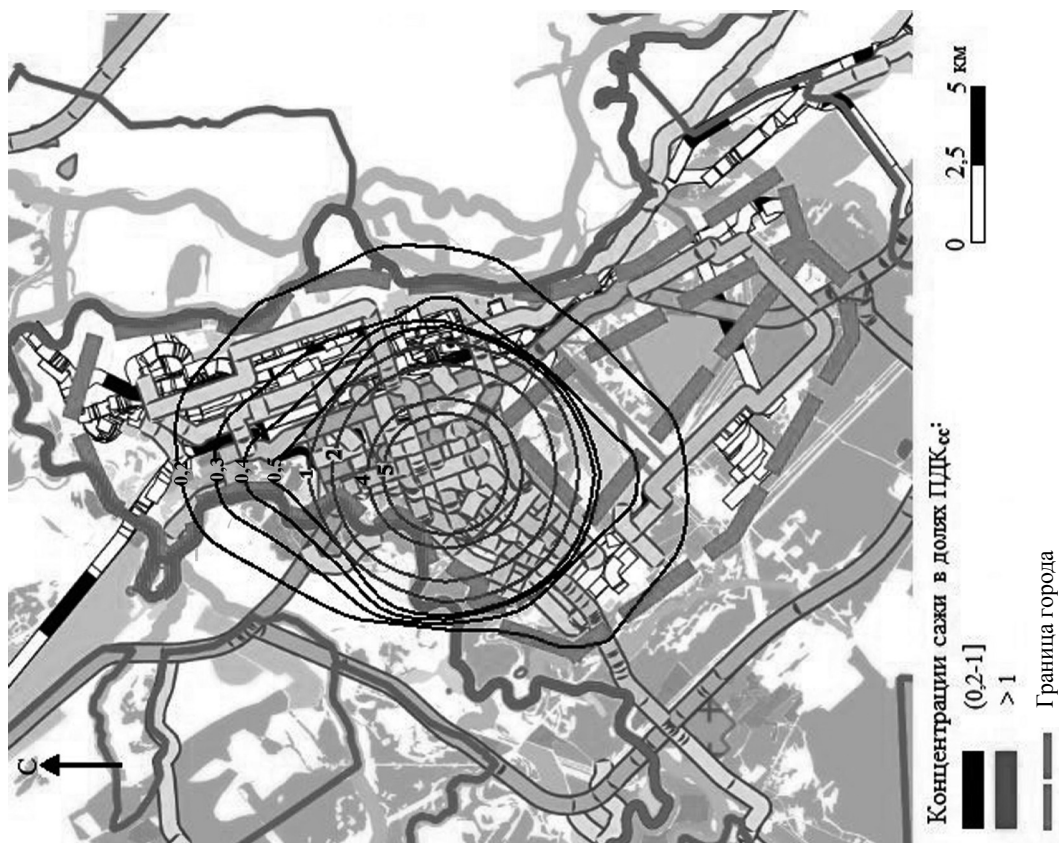


Рис. 8. Карта-схема распределения концентрации диоксида азота на территории г. Ангарска в часы пик

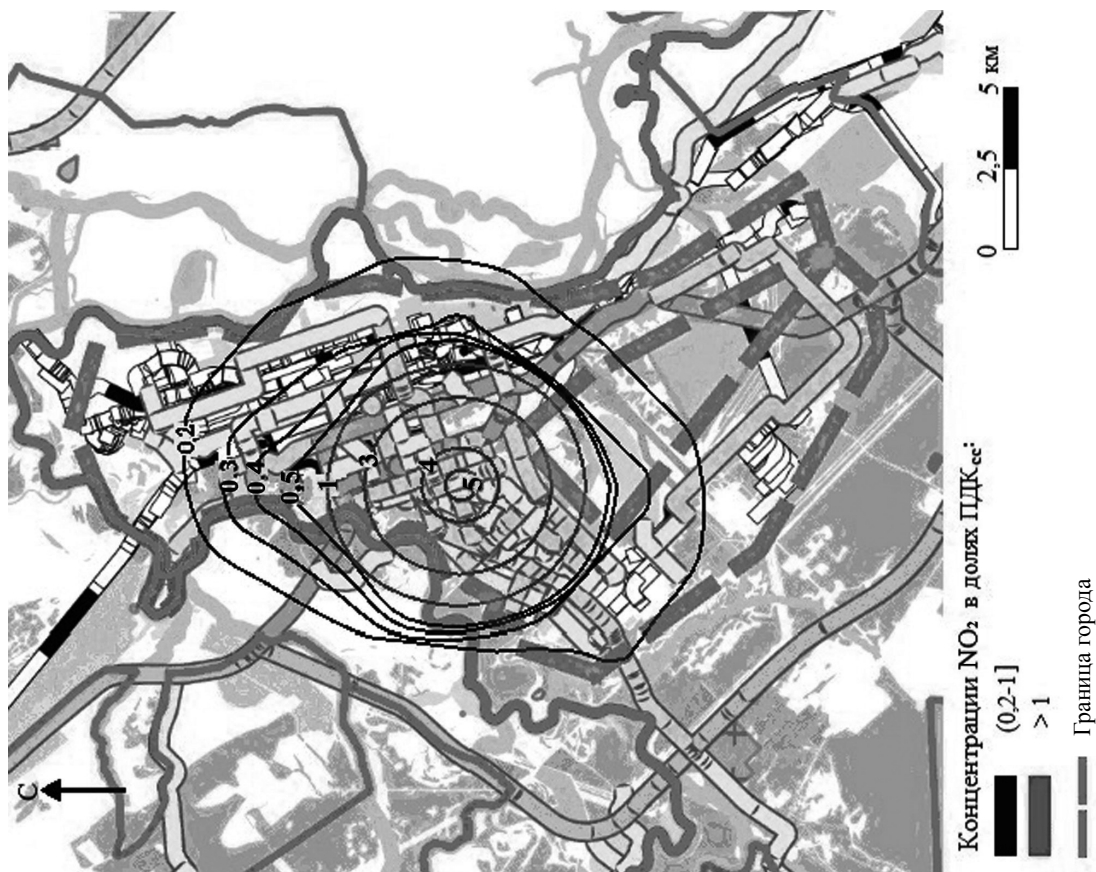


Рис. 7. Карта-схема распределения концентрации сажи на территории г. Ангарска в часы пик

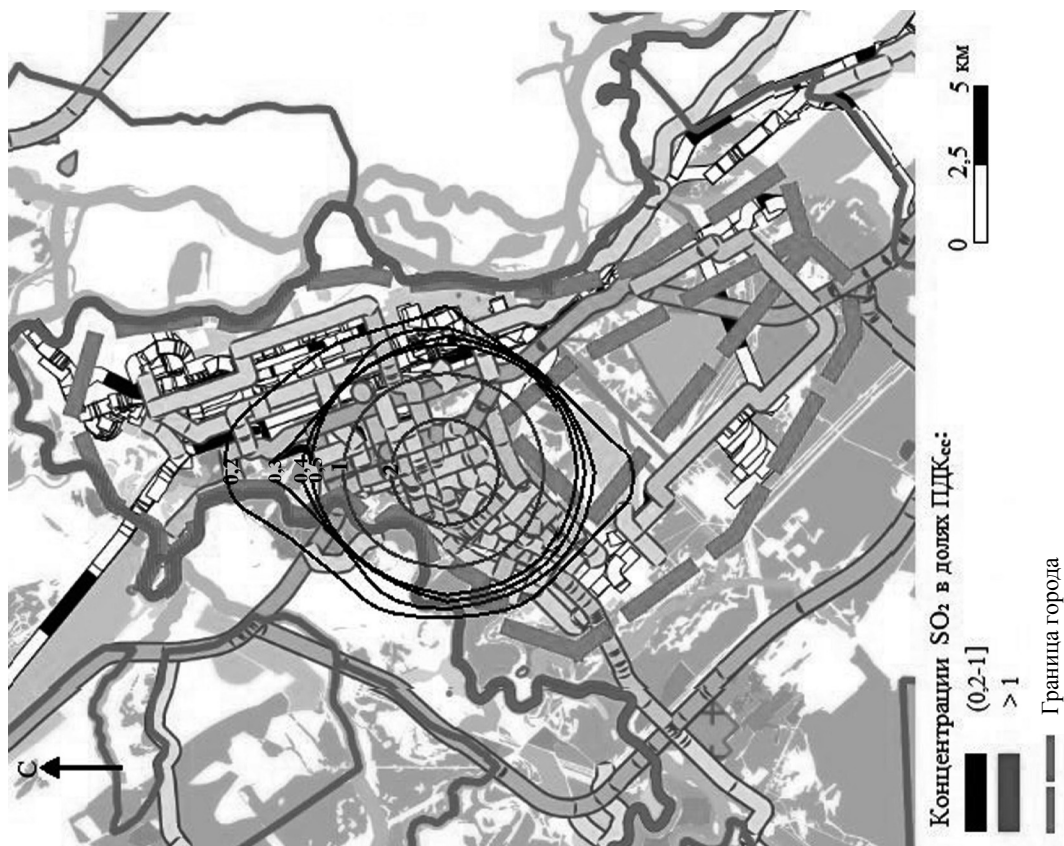


Рис. 10. Карта-схема распределения концентрации диоксида серы на территории г. Ангарска в часы пик

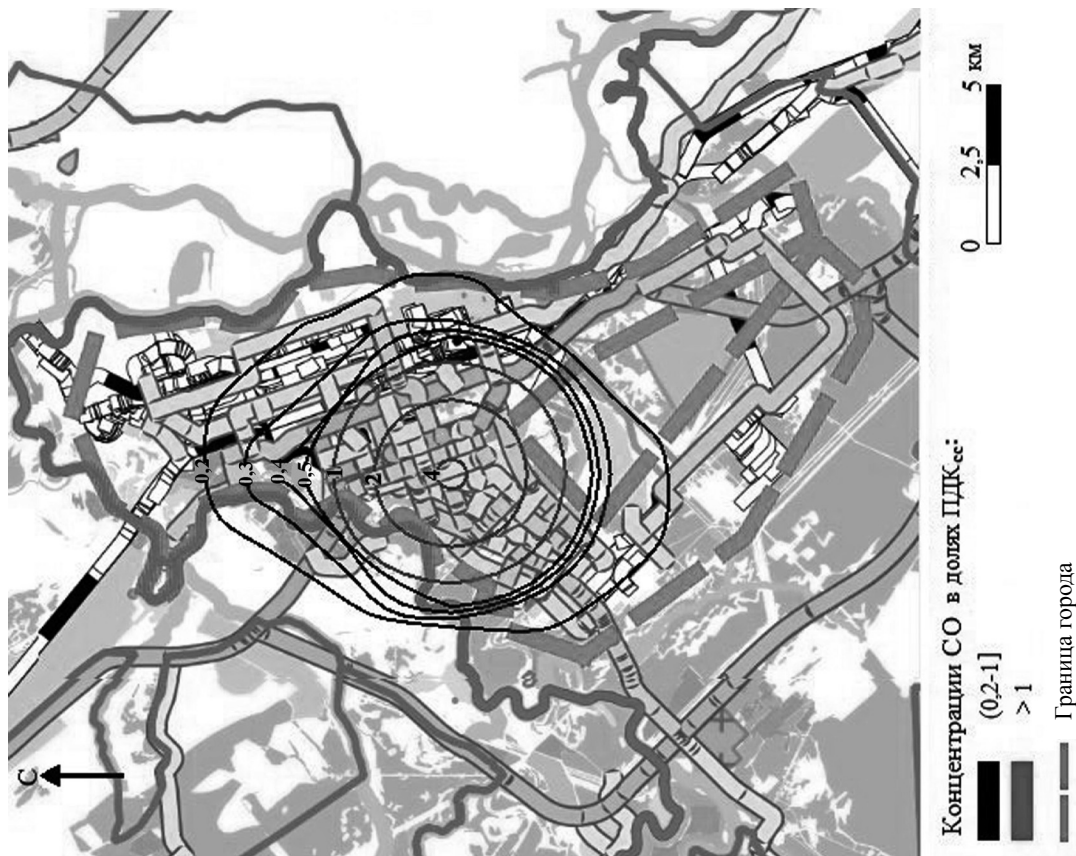


Рис. 9. Карта-схема распределения концентрации оксида углерода на территории г. Ангарска в часы пик



Заключение

Автоматизированные средства наблюдений предоставляют широкие возможности для анализа и интерпретации данных наблюдений, проведения исследований по выявлению закономерностей формирования уровня загрязнения атмосферного воздуха в промышленно-транспортных городах. В актуальной информации о состоянии и загрязнении атмосферного воздуха заинтересованы местные органы власти и население Ангарска.

В ходе натуральных наблюдений за составом и интенсивностью движения автотранспортных средств на 35 крупных перекрестках Ангарска в часы пик выявлено, что среди всех групп автотранспортных средств легковые автомобили являются основным источником выбросов таких загрязняющих веществ, как оксид углерода, диоксид серы, формальдегид, бенз(а)пирен. Это обусловлено количественным преобладанием легковых автомобилей в транспортном потоке.

Результаты проведенных расчетов концентрации загрязняющих веществ, поступающих в атмосферу от автотранспорта в г. Ангарске, с помощью программного комплекса «Эколог» показали, что на территории города наблюдается превышение в 3–10 раз самых жестких санитарно-гигиенических нормативов – ПДК_{сс}. Так, в зоне повышенной концентрации сажи находится 34,6% площади исследуемой территории, диоксида азота – 25,2%, оксида углерода – 23,3%, диоксида серы – 20,3%, что создает потенциальную опасность для здоровья населения города.

Сравнение результатов обработки данных авторских натуральных наблюдений и данных, регистрируемых на экологических постах г. Ангарска (АСК-А), свидетельствует об «умеренной» корреляции этих показателей. Так, концентрация загрязняющих веществ, зафиксированная на АСК-А, превышает установленные значения ПДК_{сс} в среднем в 1,5 раза, согласно же авторским расчетам и натурным наблюдениям – в 5,8 раза. Статистическая обработка данных натуральных обследований позволила сделать выводы о степени однородности регистрируемых показателей. Однако параметры, фиксируемые на АСК-А, являются интегральной характеристикой уровня загрязнения атмосферы, поскольку включают в себя выбросы от стационарных источников промышленных предприятий, автомобильного транспорта, а также дальний перенос примесей. Необходимо также отметить, что посты наблюдения в г. Ангарске расположены не вполне рационально, так как размещены на закрытых участках (на узких улицах, вблизи высоких зданий, под кронами деревьев), что может сказываться на показателях как в сторону занижения реального уровня загрязнения из-за поглощения газов густой зеленью, так и в сторону завышения из-за застоя воздуха и скопления вредных веществ вблизи строений.

Кроме того, в результате проведенного исследования установлено, что при низких скоростях ветра (штиле) и температурах воздуха создаются неблагоприятные условия для рассеивания примесей в атмосферном воздухе Ангарска. В связи с этим необходимо разрабатывать комплекс мероприятий, направленных на снижение выбросов вредных веществ в атмосферу города. Таким образом, на основании вышеизложенного можно дать некоторые рекомендации по улучшению экологической обстановки г. Ангарска, сложившейся в результате загрязнения выбросами автотранспорта:

- обновить автомобильный парк;
- улучшить дорожную инфраструктуру;
- повысить уровень технического обслуживания и ремонта автотранспортных средств;
- организовать регулярный контроль за техническим состоянием автотранспорта;
- провести строительство подземных парковок.

Библиографический список

1. О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2016 году : гос. доклад. М. : Минприроды России ; НИА-Природа, 2017. 760 с. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.priroda.ru/lib/detail.php?ID=11977> (дата обращения: 15.03.2019).
2. ГОСТ Р 52160–2003, 2005. Национальный стандарт Российской Федерации. «Автотранспортные средства, оснащенные двигателями с воспламенением от сжатия. Дымность отработавших газов. Нормы и методы контроля при оценке технического состояния» : утв. постановлением Госстандарта РФ 18.12.2003 [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200034748> (дата обращения: 15.03.2019).
3. О состоянии и об охране окружающей среды в Российской Федерации в 2000 году : гос. доклад. М. : Минприроды России, 2001. 288 с. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.priroda.ru/lib/detail.php?ID=5515> (дата обращения: 15.03.2019).
4. О состоянии и об охране окружающей среды Иркутской области в 2001 году : гос. доклад. Иркутск : Министерство природных ресурсов и экологии Иркутской области, 2002. 443 с.
5. О состоянии и об охране окружающей среды Иркутской области в 2002 году : гос. доклад. Иркутск : Министерство природных ресурсов и экологии Иркутской области, 2003. 470 с.
6. О состоянии и об охране окружающей среды Иркутской области в 2003 году : гос. доклад. Иркутск : Министерство природных ресурсов и экологии Иркутской области, 2004. 487 с.
7. О состоянии и об охране окружающей среды Иркутской области в 2004 году : гос. доклад. Иркутск : Министерство природных ресурсов и экологии Иркутской области, 2005. 480 с.
8. О состоянии и об охране окружающей среды Иркутской области в 2005 году : гос. доклад. Иркутск : Ми-



нистерство природных ресурсов и экологии Иркутской области, 2006. 493 с.

9. О состоянии и об охране окружающей среды Иркутской области в 2006 году : гос. доклад. Иркутск : Министерство природных ресурсов и экологии Иркутской области, 2007. 479 с.

10. О состоянии и об охране окружающей среды Иркутской области в 2007 году : гос. доклад. Иркутск : Министерство природных ресурсов и экологии Иркутской области, 2008. 497 с. [Электронный ресурс]. URL: <https://irkobl.ru/region/ecology/doklad/> (дата обращения: 15.03.2019).

11. О состоянии и об охране окружающей среды в Иркутской области в 2008 году : гос. доклад. Иркутск : Министерство природных ресурсов и экологии Иркутской области, 2009. 409 с. [Электронный ресурс]. URL: <http://irkobl.ru/sites/ecology/picture> (дата обращения: 15.03.2019).

12. О состоянии и об охране окружающей среды Иркутской области в 2009 году : гос. доклад. Иркутск : Министерство природных ресурсов и экологии Иркутской области, 2010. 582 с. [Электронный ресурс]. URL: <http://irkobl.ru/sites/ecology/picture> (дата обращения: 15.03.2019).

13. О состоянии и об охране окружающей среды Иркутской области в 2010 году : гос. доклад. Иркутск : Форвард, 2011. 400 с. [Электронный ресурс]. URL: <http://irkobl.ru/sites/ecology/picture> (дата обращения: 15.03.2019).

14. О состоянии и об охране окружающей среды Иркутской области в 2011 году : гос. доклад. Иркутск : Форвард, 2012. 400 с. [Электронный ресурс]. URL: <http://irkobl.ru/sites/ecology/picture> (дата обращения: 15.03.2019).

15. О состоянии и об охране окружающей среды Иркут-

ской области в 2012 году : гос. доклад. Иркутск : Издательство Института географии им. В. Б. Сочавы СО РАН, 2013. 337 с. [Электронный ресурс]. URL: <http://irkobl.ru/sites/ecology/picture> (дата обращения: 15.03.2019).

16. О состоянии и об охране окружающей среды Иркутской области в 2013 году : гос. доклад. Иркутск : Министерство природных ресурсов и экологии Иркутской области, 2014 [Электронный ресурс]. URL: <http://irkobl.ru/sites/ecology/picture> (дата обращения: 15.03.2019).

17. О состоянии и об охране окружающей среды Иркутской области в 2014 году : гос. доклад. Иркутск : Форвард, 2015. 328 с. [Электронный ресурс]. URL: <http://irkobl.ru/sites/ecology/picture> (дата обращения: 15.03.2019).

18. О состоянии и об охране окружающей среды Иркутской области в 2015 году : гос. доклад. Иркутск : Время странствий, 2016. 316 с. [Электронный ресурс]. URL: <http://irkobl.ru/sites/ecology/picture> (дата обращения: 15.03.2019).

19. О состоянии и об охране окружающей среды Иркутской области в 2016 году : гос. доклад. Иркутск : Мегатрип, 2017. 274 с. [Электронный ресурс]. URL: <http://irkobl.ru/sites/ecology/picture> (дата обращения: 15.03.2019).

20. Методика определения выбросов автотранспорта для проведения сводных расчетов загрязнения атмосферы городов. СПб. : ОАО НИИ Атмосфера, 2010. 15 с.

21. Методы расчетов рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе : приказ от 6 июня 2017 г. № 273. М. : Министерство природных ресурсов и экологии РФ, 2017. 80 с. [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/456074826> (дата обращения: 15.03.2019).

Образец для цитирования:

Новикова С. А., Шиховцев М. Ю. Загрязнение атмосферного воздуха Иркутской агломерации выбросами автомобильного транспорта // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2019. Т. 19, вып. 4. С. 241–252. DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2019-19-4-241-252>

Cite this article as:

Novikova S. A., Shikhovtsev M. Y. Atmospheric Pollution of the Irkutsk Agglomeration by Automobile Emissions. *Izv. Saratov Univ. (N. S.), Ser. Earth Sciences*, 2019, vol. 19, iss. 4, pp. 241–252 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2019-19-4-241-252>



УДК 551.4

Устойчивость геосистем и геоэкологические риски на территории российского Дальнего Востока

Г. П. Скрыльник

Геннадий Петрович Скрыльник, кандидат географических наук, ведущий научный сотрудник, Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, Владивосток, skrylnik@tigdvo.ru

Современные геосистемы формируются под влиянием двух основных факторов, находящихся в тесном взаимодействии. Речь идет о естественных и антропогенных факторах, которые по своей сущности противоположны. Выясняется устойчивость геосистем в условиях, когда на них оказывают влияние разные факторы и явления, имеющие антагонистические характеристики. Применены методы: сравнительно-географический, информационный, палеогеографический. Использованы материалы, полученные в ходе естественных наблюдений, работы ученых, информация из разных фондов. Определение устойчивости геосистем актуально в связи с необходимостью прогнозирования их развития как с теоретической, так и с практической точки зрения. Под стабильностью геосистем подразумевается возможность их структурных компонентов, т. е. подсистем, «подстраиваться» во времени и пространстве под изменчивые внешние условия, противостоять внешним воздействиям без нарушения целостности и структуры, обеспечивать возвратно-поступательное развитие. Мобильность подсистем свидетельствует об увеличении риска нарушения стабильности геосистем и возникновении масштабных катастроф. В исследовании изучен перечень актуальных рисков для геосистем Дальнего Востока с учетом антагонистических характеристик естественных и антропогенных факторов. Выявление этих рисков важно для планирования природопользования и установления экологических запретов.

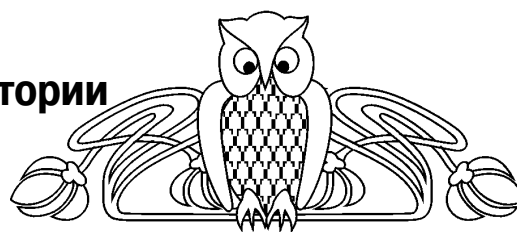
Ключевые слова: геосистема, устойчивость, уровни организации, геоэкологические риски, рациональное использование, природные ресурсы, Дальний Восток.

Stability of Geosystems and Geo-Environmental Risks on the Territory of the Russian Far East

G. P. Skrylnik

Gennady P. Skrylnik, <https://orcid.org/0000-0001-6318-5186>, Institute of Geography, Far East Branch of the Russian Academy of Sciences, 7 ul. Radio, Vladivostok-41, Primorsky Krai 690041, Russia, skrylnik@tigdvo.ru

Modern geosystems are formed under the influence of two main factors that are in close interaction with each other. We are talking about natural and anthropogenic factors, which are essentially opposite. The stability of geosystems is found under conditions when they are influenced by various factors and phenomena that have antagonistic characteristics. The methods used are comparative geographical, informational, paleogeographic. The materials obtained in the course of natural observations, the work of scientists, information from various funds have been used. The determina-



tion of the stability of geosystems is relevant in connection with the need to predict their development from both theoretical and practical points of view. Stability of geosystems means the possibility of their structural components, i.e. subsystems, to “adjust” in time and space to changing external conditions, resist external influences without disturbing the integrity and structure, and ensure reciprocal development. The mobility of the subsystems indicates an increase in the risk of disturbing the stability of geosystems and the occurrence of large-scale disasters. The study examined a list of current risks for the geosystems of the Far East, taking into account the antagonistic characteristics of natural and anthropogenic factors. Identifying these risks is useful for environmental planning and environmental bans.

Keywords: geosystem, stability, levels of organization, geo-environmental risks, rational use, natural resources, the Far East.

DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2019-19-4-253-261>

Введение

Известно, что развитие геосистем (ГС) в настоящее время осуществляется под управлением двух главных взаимодействующих антагонистических факторов (сил) – естественных и антропогенных. Их системообразующее воздействие сказывается прежде всего через результирующее формирование конкретной устойчивости ГС и, как следствие, определенных изменений – в направлении создания условий негативного или оптимального устойчивого развития.

Указанные трансформации следует рассматривать на общем фоне естественной пространственной упорядоченности ГС. Последняя характеризуется контрастностью (и по горизонтали, и по вертикали), что отражается 4-уровневой (локальной, региональной, континентальной и глобальной) организацией географической оболочки [1]. Кроме основных (каркасных) уровней, особую роль играют трансграничные уровни в форме подвижных полос (общих сфер взаимовлияний и взаимодействий со стороны основных). Эти «контактные подсистемы» в естественных условиях выполняют разделительно-барьерную роль, а в случае антропогенного воздействия на ГС – буферную стабилизирующую. Их «подвижность» – это индикатор вероятных геоэкологических рисков и возможных катастроф.

Цель предлагаемой статьи – выявить многоплановую устойчивость геосистем в условиях действующих разнородных факторов и процессов с учетом их антагонизма.



Материал и методы исследования

Использованы материалы, полученные в ходе естественных наблюдений, работы других авторов, информация из разных фондов.

Раздельное исследование вышеуказанных аспектов устойчивости ГС выполнено на основе сквозного применения методов изучения комплексной географической оболочки – сравнительно-географического, информационного, палеогеографического.

Результаты исследования и их обсуждение

Уровни устойчивости ГС, устойчивого развития объектов (природных, антропогенно-природных, антропо-техногенных, социально-экономических и др.) и организации географической оболочки органично взаимосвязаны. Это результат сложного пространственно-временного комплексирования пяти типов (гравитационного, геофизического, геохимического, антропо-техногенного и геоинформационного) взаимодействий факторов и процессов [2]. Все эти взаимодействия (табл. 1) обеспечивают устойчивую целостность географической оболочки (ГО).

Исследования глобальных, региональных и локальных аспектов проблемы устойчивости ГС все еще **далеки от завершения** – как в России, **так и за рубежом** [3, 4]. В то же время их актуальность высока, что объясняется запросами теории и практики в области разнородных и разномасштабных прогнозов: а) по «неистощительному» использованию и возобновлению природных ресурсов Земли; б) по максимальному снижению отрицательных эффектов от воздействия экстремальных и катастрофических явлений и процессов на естественные и антропогенные объекты; в) по допустимому уровню внедрения разных (преимущественно в направлении безотходных) технологий ведения хозяйства; г) по конструированию снижения «бесконфликтных» ситуаций в разнопорядковых подсистемах Ноосферы.

Под устойчивостью ГС чаще всего понимается способность этой природной целостности «приспосабливаться» к динамическим условиям природы, т. е. «... способность испытывать внешние воздействия без разрушения, т. е. без перехода не просто в иное состояние, а такое состояние, в котором система перестает быть сама собою и становится другой системой» [3, с. 5]. Мы считаем, что в это определение «устойчи-

Таблица 1

Принципиальная схема взаимодействий факторов и процессов в рамках географической оболочки* [2]

№ п/п	Взаимодействие (тип)	Причинные связи, проявления и следствия**
1.	Гравитационное	Универсальное – самостоятельное и всегда присутствующее; протекает под воздействием силы тяжести, имеет характер притяжения; всегда участвует в организации геосистем
2.	Геофизическое	Осуществляется из-за термо-, гидро- и барических градиентов; сопровождается механическим дроблением и структурированием вещества без изменения его минералогического состава. Ответственно за «жесткие» внутри- и межкомпонентные и межсистемные связи, обеспечивающие устойчивость геосистем
3.	Геохимическое (включая биотическую составляющую)	Проходит с участием химических реакций, приводящих к глубоким преобразованиям вещества: тонкому измельчению, «тонкому» структурированию и «минералогическому» его изменению. Биотическая составляющая обеспечивает усвоение солнечной энергии с целью продуцирования и «накопления» биовеществ. Отвечает за приобретение геосистемами свойств пластичности, что «смягчает» воздействия и повышает их общую устойчивость; в итоге время релаксации геосистем в новых условиях сокращается
4.	Антропо-техногенное	Проявляется не только в сложных трансформациях естественных видов энергии и вещества, но и в порождении направленно возрастающего «включения» в естественный теплообмен Земли «чуждых» ей видов энергии и техновеществ из-за хозяйственной деятельности человека. В целом снижает пороги устойчивости естественных геосистем, формируя экологические риски; нарушает ритмы и циклы эволюционно устойчивого развития, вызывая на кризисных уровнях техногенные катастрофы
5.	Геоинформационное	Учитывает пункты 1–4; запечатлевается в «структурной памяти» рельефа и стратификации вещества; специфически реализуется в организации новообразованных структур

Примечание. *Географическая оболочка (ГО) и ее составляющие геосистемы сформировались в ходе сложного пространственно-временного комплексирования всех 5 типов взаимодействий разнопланово сочетающихся факторов и процессов (космических – экзогенных – эндогенных – антропогенных), сопровождавшихся соответствующим «межобъектным» обменом вещества, энергии и информации; ** для взаимодействий факторов и процессов характерна пространственно-временная дифференциация по четырем уровням организации ГО: глобальному; континентальному; региональному; топологическому.



ности ГС» целесообразно дополнительно ввести эволюционно-динамические аспекты и рассмотреть ее (например, применительно к экзогенным геоморфологическим системам – ЭГС) как способность, с одной стороны, сохранять основные морфолитогенетические черты при разных колебаниях темпа и направленности экзогенного рельефообразования, а с другой – поддерживать возвратно-поступательное развитие, что, в свою очередь, создает основу их пластичности [4, 5]. Это относится к однопорядковым подсистемам. Ситуация усложняется в случае с полихронными ГС. Характеристики устойчивости последних неодинаковы из-за разных времен развития (характерного, релаксации и адаптации), но всегда по своим показателям максимальны в «центре» природных зон, провинций и высотных поясов.

В соответствии с нашими разработками, устойчивость ГС является результатом пространственно-временных данных устойчивости определенно равных по значению однопорядковых компонентных подсистем. При этом показатели устойчивости ГС и их подсистем даже при одномасштабных воздействиях испытывают разномасштабные колебания: на зональном (тундра – лесотундра), провинциальном (дальневосточные ГС, развивающиеся в областях взаимодействия и взаимопроникновения противоречивых континентальных и океанических влияний) и локальном (компонентные ГС) гидротермическом фоне. Более того, колебания устойчивости ГС могут возникнуть при смене характера и направленности развития последних (например, после появления на определенных пространственно-временных этапах развития критических точек – так называемых бифуркационных, когда при выполнении приводящих факторов и условий развитие ГС мо-

жет «сойти» с предыдущей на новую траекторию – восходящую или нисходящую). В итоге характер комплексирования разно- и однородных ГС через их устойчивость вскрывает соотношение внешне-го и внутреннего равновесия общих геосистем. Конкретные устойчивые состояния ГС (например, дальневосточных) определяются разноплановым соотношением типичных и аномальных процессов в ходе их развития, а их рамки – порогами устойчивости. Выдержанность устойчивого развития разных ГС контролируется устойчивостью их иерархически упорядоченных подсистем, тем самым определяется длительностью сохранения пространственно-временных тенденций развития этих подсистем.

Показатели устойчивости компонентных, а через них и общих ГС, по материалам наших исследований, определяются и могут быть измерены большей частью через учет вещественных и энергетических потоков (табл. 2).

Полученные указанные показатели для компонентных геосистем могут «вскрыть» слабые места и «близость» к порогам устойчивости в общих геосистемах. На этих основаниях можно наметить геоэкологические ограничения для определения устойчивого природопользования. Следовательно, это определение будет разумным и осознанным соблюдением триединства – «изучение – предвидение – управление» – с целью его сохранения и (или) осуществления.

Современные ГС российского Дальнего Востока чаще принимают характер ярко выраженной полихронности, четко прослеживаемой в широтном и меридиональном плане. Они, несмотря на близкие черты по своей естественной заданной организации, формируют разные эволюционные ряды и, как следствие, разные ступени раз-

Таблица 2

Возможные способы определения устойчивости геосистем через учет ее отдельных показателей

Компонентные геосистемы	Показатели устойчивости
Геоморфологические	Скорость выветривания горных пород, мм/год, и (или) объем денудационного среза, м ³ /год
Почвенные	Скорость разрушения и восстановления гумусового горизонта, мм/год
Фитогенные	Сохранность биоразнообразия и поддержание биопродуктивности в рамках типичных растительных сообществ
Зоогенные	Сохранность и поддержание биоразнообразия (типичного набора видов, естественно сложившейся полноты демографической структуры, биомассы и др.)
Климатические	Среднегодовое соотношение тепла и влаги на обычном ветровом фоне с помощью разных показателей (индекса сухости; коэффициентов: гидротермического, континентальности, океаничности и др.)
Водные	Среднегодовое соотношение общей суммы выпадающих атмосферных осадков и возможной величины испарения в сложившихся условиях поверхностного и подземного водного стока
Мерзлотные	Среднегодовое соотношение тепломассообмена между горизонтом годовых теплооборотов в почвогрунтах и атмосферой, термодинамически наиболее ярко проявляющегося в организации деятельного слоя (в индикационных пространственно-временных изменениях мощности, состояния, соотношения и взаимопереходов типов сезоннопромерзающего и сезоннопротаивающего деятельного слоя)

Сост. по: [6].



вития (рис. 1). Это оказывает влияние (как мы считаем, максимальное на восходящих отрезках развития) на разную устойчивость ГС к внешним воздействиям.

Разномасштабные колебания показателей устойчивости дальневосточных геосистем, развивающихся в областях взаимодействия и взаимопроникновения противоречивых континентальных и океанических влияний, имеют сложный характер и связаны с разным эффектом проявления по территории даже однородных и сравнимых по масштабу внешних воздействий (например,

типичные для лесного Юга интенсивные дожди выступают на тундровых пространствах Севера в ранге катастрофических). В наибольшей мере эти колебания связаны с аномальными нарушениями растительного покрова (максимальные в Арктике и Субарктике; минимальные в Приморье), а в наименьшей – с нарушениями морфо- и литосубстратной основы ландшафтов [5, 7]. В то же время относительно просто организованные геосистемы Севера при типичных условиях быстро «возвращаются» к состояниям, близким к отмечавшимся до аномальных воздействий.

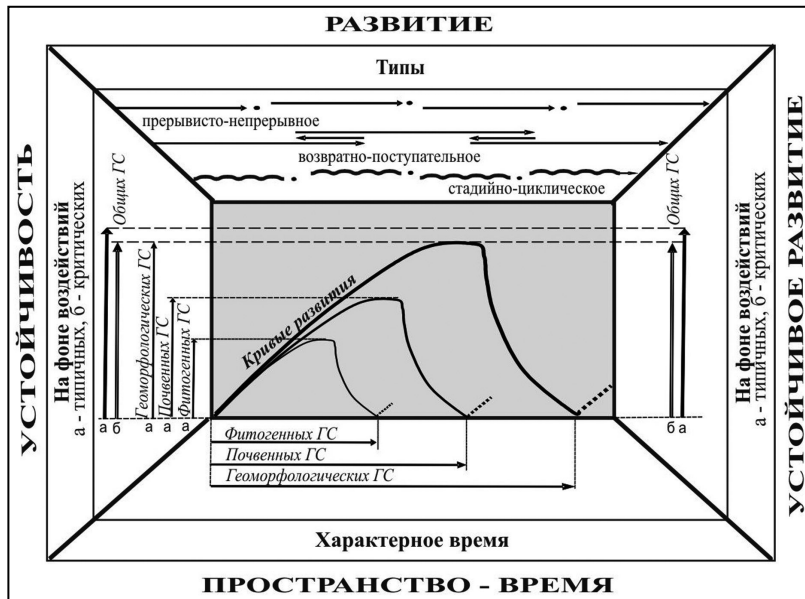


Рис. 1. Принципиальная схема динамических соотношений пространства, времени и типов развития, устойчивости и устойчивого развития геосистем [5]

Критические и кризисные ситуации, возникающие (и в дальнейшем по разному разрешаемые) в ходе развития рельефа, нами отождествляются с порогами устойчивости ЭГС и геосистем в целом [5].

Сравнительно высокая, хотя и подвижная между уровнями организации, устойчивость геосистем на Дальнем Востоке, формирующаяся за счет их пластичности (вклад биогенных систем), сейчас особенно показательна в южной половине умеренного пояса (не далее чем до 56° с.ш.).

В последние несколько десятилетий периодичность критических процессов и их последующее воздействие на ГС в повышенно энергонапряженных материковых окраинах российской части Дальнего Востока (как и на юго-восточной части Азии, и в атлантическом секторе юга Северной и Центральной Америки) значительно возрастают.

При таких процессах усложняется организация и повышается устойчивость, т. е. направленно рождается качественно новый высокий уровень структуры общих ГС. На этом фоне аномальные процессы для ГС становятся все более обыденными, т. е. рамки «природных рисков» и (или) техногенных катастроф «сдвигаются» вверх.

Фиксируемое увеличение количества и размеров катастроф, с явным преобладанием техногенных, может быть связано, по нашему мнению, как с естественными природно-климатическими перестройками на высоких уровнях организации ГС, так и с масштабными антропогенными воздействиями, выходящими за локальные и региональные уровни, и особенно приложимыми к относительно уязвимым трансграничным полосам – вдоль природных рубежей [5].

Антропогенные и естественные факторы и процессы по воздействию на геосистемы являются чужеродными, т. е. по своей природе антагонистами. Так, если естественные процессы в геосистемах присутствуют и взаимодействуют органично на всех уровнях организации, то антропогенные – противоречиво и чаще избирательно. Последние на локальном уровне воздействуют на геосистемы потенциально повсеместно и часто постоянно; на региональном – дискретно и реже постоянно; на континентальном – дискретно и эпизодически; на глобальном – эпизодически. При этом антропогенная ландшафтная протекция на всех уровнях, проявляется в их аридизации и криотизации – интенсифицируя на Севере



наступление арктических пустынь на тундровые пространства, а на Юге – формации умеренного пояса степей на лесные площади.

Характеристики геосистем, формирующиеся на фоне воздействий естественных процессов и факторов, принципиально отличны от таковых, возникающих при антропогенных воздействиях. Воздействия последних, в отличие от естественных, совершенно не связаны с природными ритмами и цикличностью. Так, арктические (как и тропические) геосистемы в естественных условиях устойчивы, а в антропогенных крайне ранимы, значительно в больших масштабах по сравнению с аналогичными ситуациями в южных районах умеренного пояса (например, в Приморье). Их сближает только то, что воздействия на аномальных уровнях направленно снижают устойчивость всех геосистем – по нарастающей: от критических состояний через кризисные до катастрофических.

Приведем некоторые примеры воздействия антропогенных процессов на геосистемы в разных районах Дальнего Востока.

Чукотка. Это особое место, где царит вечная мерзлота (подземное оледенение), выделяющееся среди прочих северных областей ярким своеобразием и неповторимостью полярных ландшафтов. К этим особенностям отнесем: а) противоречивое соседство и контрастное чередование талых и мерзлых пород; б) весьма широкий спектр мощностей (от 0 до 700 м и более) и среднегодовой температуры (от 0° С до минус 12° С и ниже) вечномерзлого грунта [7]; в) высокие перепады возрастающих температур воздуха, в связи с чем район Чукотки попадает в область повышенного метеогеоэкологического риска; г) полный спектр криогенных процессов и факторов в организации

восходящей и нисходящей динамики развития вечной мерзлоты.

Хозяйственная деятельность характеризуется значительной активностью и входит в опасное противоречие с хрупкой природной средой. Отдельные районы под влиянием антропогенного пресса оказываются на грани экологического бедствия.

Системопреобразующие разномасштабные и пространственно-временные воздействия антропогенного пресса на геосистемы в наибольшей мере здесь сказываются через вызываемый термокарст [8, 9].

В контексте климатических изменений (потепление – похолодание) [10, 11] протекающие в криолитозоне термокарстовые процессы имеют широтную и долготную специфику (их интенсивность падает от Западной Сибири к Чукотке и от Чукотки к Приморью).

Термокарстовые явления (округлые западины, котловины и озерные ванны; линейные, линейно-коленчатые и полигональные формы проседания и пр.), будучи типичными для территории Чукотки, экстремального проявления достигают только в редкие аномально теплые и дождливые годы (рис. 2).

Фоновые направления развития вечной мерзлоты уже в скором времени могут существенно поменяться. Начавшееся общее похолодание оконтуривает отдельные геоэкологические риски (с одной стороны, усиливает морозобойное трещинообразование в направлении разрушения отдельных геосистем, а с другой – снижает естественную интенсивность термокарста).

С каждым годом антропогенная картина обостряется (к примеру, по данным наших наблюдений в 1972–1973 гг. в р-не п. Канчалан) из-за



Рис. 2. Термокарстовые деформации нижней части склона, переходящие в солифлюкционные потоки, в окрестностях пос. Лаврентия (фото А. А. Галанина)



нарушения термобаланса активных поверхностей, вызывая локальное разрушение геосистем с возникновением борозд-рвов (до 1 м), оврагов (до 2 м) и прочих дефектов почвы [7].

Создание транспортной сети дорог в равнинной тундре ведет к механическому разрушению травяно-мохового покрова, на восстановление которого потребуются десятилетия. Так, по нашим наблюдениям в 1972 г. в долине р. Танюрер, на поверхности заочкаренных террас мы отмечали единичные глубокие (до 15–20 см) колеи тракторов и вездеходов возрастом до 15 лет. Такие колеи в ряде мест стали путями концентрированного стока паводков, что в конечном итоге привело к образованию оврагов.

Новые временные дороги постоянно прокладываются рядом с прежними. В результате местность вблизи многих чукотских поселков сильно «распахана» и в настоящее время представляет собой крупные территории, лишенные естественного покрова, изобилующие рытвинами, оврагами, провалами и термокарстовыми водоемами самых разных очертаний.

Как следствие, во время хозяйственного освоения территорий активизируются все процессы, свойственные вечной мерзлоте, при ведущей роли термокарста. В зависимости от формы вмешательства в природные условия нарастание активности термокарста и других мерзлотных процессов, приводящих к катастрофическим последствиям, происходит в основном по скачкообразной амплитуде.

Устойчивость естественных геосистем под воздействием антропогенных факторов на значительной территории Чукотки падает до кризисного уровня, переход через который вызывает разрушение ГС, при этом возврат последних к исходному состоянию становится невозможным. Криогенная опасность на многих участках в этом регионе, как и в соседней Якутии [12], может достигать катастрофического уровня. Следовательно, геоэкологические риски здесь крайне высоки.

Камчатка. Текущее развитие геосистем происходит в условиях активного вулканизма и повышенной сейсмичности на общем фоне взаимодействия противоборствующих континентальных и океанических влияний. Катастрофические извержения вулканов, сопровождаясь излиянием лав и масштабным выбросом пепла и камней, вызывают разрушение соседних геосистем, а на удалении – существенное нарушение их организации [7].

Геоэкологические риски, в частности для бухты Авачи, тесно связаны с сезонным характером пеплопадов во время извержения вулканов и постоянным сбросом сточных вод. Выпадение пепла и сброс сточных вод в зимнее время не приносят ущерба водным экосистемам бухты, так как пепел и сточные воды, поступая на ледовую поверхность, в это время не загрязняют бухту и в дальнейшем вместе с талыми весенними водами «уходят» за пределы акватории. Периодическое

выпадение пепла и постоянное поступление сточных вод в летнее время (по нашим наблюдениям в августе 1971 г.) сильно загрязняют воды бухты и приносят ущерб водным экосистемам. Устойчивость естественных экосистем бухты падает до критического уровня, когда возврат ГС к своему исходному состоянию возможен лишь после проведения специальных мероприятий по очистке сточных вод. Восстановление ГС в этом случае, после прекращения сброса сточных вод, будет происходить медленно и, возможно, в лучшем случае, только к концу 2-3-летнего периода.

Следовательно, геоэкологические риски здесь чаще отмечаются в теплый период года, контролируются сезонным временем выпадения вулканического пепла и постоянно поддерживаются сбросом сточных вод.

Верхнее Приколывье. Термокарст, солифлюкция, наледи, курумообразование, обвалы, осыпи, наводнения – все они выделяются как наиболее опасные природные явления, свойственные этому району [7]. Эти процессы заметно активизируются на свежих пирогенных участках и лесных вырубках, в очень холодные и малоснежные годы и в ходе выпадения ливневых осадков.

Особые максимальные геоэкологические риски в этих районах возникают на участках добычи золота дражным способом (по нашим наблюдениям в 1973 г. вблизи пос. Сусуман). Устойчивость естественных ГС здесь резко снижается до кризисного уровня. Так, естественные геосистемы подвергаются практически полному уничтожению, когда на большой площади истребляется растительность, снимается и удаляется почвенный покров, перерабатывается литосубстрат, сбрасываются промывочные воды из промприборов в соседние реки и ручьи и загрязняют их. В результате территория превращается в «безжизненную» пустыню, фактически трансформируясь в местность до уровня «лунного» ландшафта. Восстановление территории до исходного состояния может происходить только после прекращения золотодобычи, но протекает оно крайне медленно. Первые его признаки (отдельные пятна разреженного травяного покрова и единичные экземпляры подроста березы и лиственницы) появляются в течение последующих 5–10 лет.

Приамурье. На рассматриваемой территории отмечается широкий набор экзогенных аномальных явлений и процессов, но среди них масштабно значимыми (по интенсивности, частоте и площади воздействия на геосистемы) выделяются прежде всего наводнения, пожары и комплексы гравитационных и нивально-мерзлотных процессов. С наводнениями и пожарами связаны максимальные геоэкологические риски.

Наводнения наибольшей продолжительности (3–4 месяца, до 5–6), высоты подъема воды (до 6,5–11 м) и максимальной ширины разливов (10–20 км и более) отмечаются на среднем и нижнем Амуре. Наиболее катастрофические наводнения



отмечались в 1872, 1928, 1950, 1953, 1956, 1960 и 1964 гг. на Амуре и на Зее [13, 14]. Устойчивость естественных ГС на пойме здесь резко снижается до кризисного уровня (по нашим наблюдениям в районах г. Благовещенска и г. Хабаровска). Так, наводнение 2013 г. привело к катастрофическому уничтожению растительности, смыву пахотного слоя почв и интенсивному размыву пойменных участков, восстановление которых будет крайне медленным. Наибольший ущерб от наводнений приходится на сельскохозяйственные угодья.

Пожары (степные, и прежде всего лесные) уже привели к смене коренных лесных формаций в Амурской области (по горимости лесов – ведущее место в России), на большей части Еврейской АО и юге Хабаровского края [13, 15]. В основном они имеют антропогенную природу, в меньшей мере связаны с сухими грозами. Крупные пожары в последние 200 лет отмечались в горах и на равнинах каждые 10–30 лет (особенно сильные осенью 2001 г. и в мае–июне 2002 г.). Пожары приводят не только к аномальным нарушениям растительного покрова, но и к изменениям в организации общих геосистем. На участках прохождения пожаров (по нашим наблюдениям в бассейне р. Селемджи в августе 2002 г.) интенсивные осадки порождают «вспышки» плоскостного смыва и эрозионного расчленения (в частности, оврагообразования).

Геоэкологические риски в Приамурье из-за наводнений будут снижаться по ходу усиливающейся континентальности всей природной обстановки и возрастать из-за пожаров в условиях активизации криотизации [16].

Приморье. «Спектр» аномальных явлений в этом регионе очень широк. В континентальных районах – ливни и наводнения, обвалы и оползни, пожары и эрозия и т. д.; в прибрежных районах – ливни и наводнения, шторма и штормовые нагоны, абразия и цунами, обвалы и оползни. Максимальные геоэкологические риски связаны с наводнениями и прохождением цунами.

Во время последних десятилетий на реках Приморья были зафиксированы 18 *необычно аномальных наводнений* [5]. Среди них были два катастрофических: 1989 г. – в бассейнах рек Партизанской, Киевки (последнее – по непосредственным наблюдениям автора), Малиновки, Большой Уссурки, Уссури; 2000 г. – в бассейне р. Раздольная. На малых реках (2000 г. – р. Кулешовке у г. Спасска-Дальнего и р. Раковке) тоже были крупные наводнения.

Геоэкологические риски, вызываемые наводнениями, проявляются катастрофическим смывом пахотного слоя почв и интенсивным размывом пойменных участков, восстановление которых идет крайне медленно. Наибольший ущерб от наводнений приходится на сельскохозяйственные угодья, что было зафиксировано, в частности, в ходе наших наблюдений после наводнения 2000 г. в бассейне р. Раздольная.

Катастрофические процессы для геосистем побережий связаны с *цунами*. Наиболее опасная в этом отношении зона в Приморье – его юго-восточная, центральная и северная части [5, 13]. На берегах Японского моря за последние 2,5 тыс. лет, по историческим данным, зарегистрированы 17 крупных цунами. В XX веке отмечены 5 случаев цунами (1.08.1940; 16.10.1964; 5.09.1971; 26.05.1983; 13.07.1993 гг.), вызванных подводными мелко- и глубокофокусными землетрясениями у побережья Японии. Их эффекты (рис. 3):

а) 5.09.1971 г. – в бухтах Советская Гавань и Адими высота волны была около 2,5–3 м; произошли обрушение кекуров в бухте Кюма и размыв аккумулятивных форм, отделявших оз. Бурное от моря;

б) 26.05.1983 – на берегах Приморья высота волны, по опросным данным, менялась неравномерно – от 40 см (г. Находка) до 4–5 м (бухта Рудная Пристань); наиболее значительные изменения береговой линии произошли в северо-восточной части бухты Триозерья, где обнажился обширный бенч (шириной до 150 м). Интенсивность воздействия цунами 1983 г. можно сравнить с эрозионной деятельностью всех рек япономорского водосбора за предшествующее десятилетие;

в) 13.07.1993 г. – на юге Приморья высота волн цунами варьировала от 60 см (бухта Андреева) до 4,4 м (бухта Соколовская). Максимальные отметки волны уточнены в конце июля 1993 г. А. М. Коротким – для мыса Де-Леврон как 1,9–2,6 м и заплеск до 6,4 м. Цунами вызвало размыв всех аккумулятивных (морских террас с пляжами) и абразионных участков, разрушение причалов и других сооружений, а также уничтожило огороды марикультуры, повредило плавсредства. В устье р. Рудной был зафиксирован размыв морской террасы (высотой 4 м), пляжа и подводного бара с расширением ее южного эстуария до 200 м с углублением протоков до 10 м. В северной части морской террасы в бухте Рудной были смещены ёмкости под хранение горюче-смазочных материалов. Участки абразионных берегов здесь были полностью «очищены» от мелкозема, мелких и средних обломков.

Эффекты от цунами в мае 1983 г. и лета 1993 г., повлекшие значительное изменение ландшафта, превзошли последствия катастрофических штормов, наблюдавшихся в 1962–1993 гг. [5].

Золотые процессы и кратковременные интенсивные ливни, с которыми связаны дефляция, поверхностный смыв почв и редко оврагообразование, приносят наибольший ущерб распаханным пространствам Приханкайской лесостепи.

В целом геоэкологические риски в Приморье будут возрастать по ходу усиливающейся континентальности и криотизации всей природной обстановки [5, 13].

Остров Сахалин находится в области активного взаимодействия суши и океана. Максимальные геоэкологические риски здесь связаны

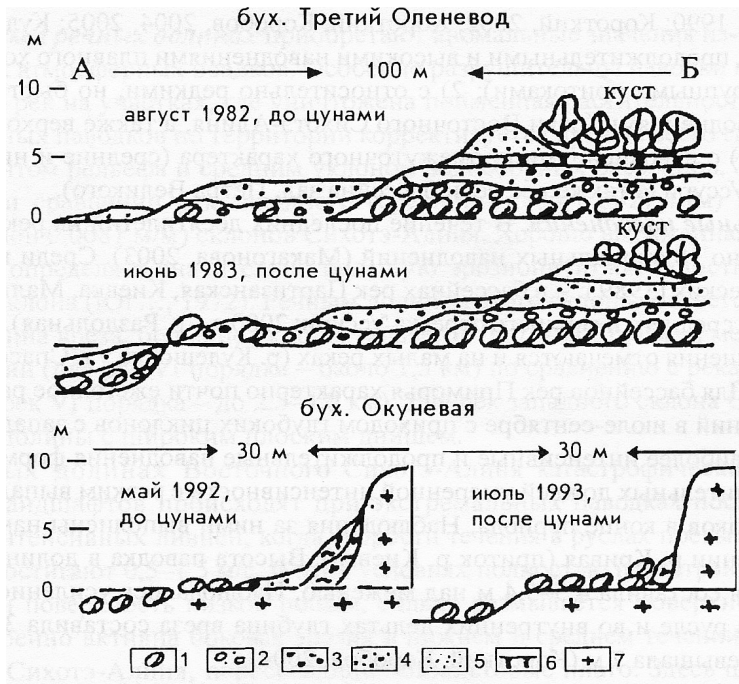


Рис. 3. Последствия воздействия цунами (1983 г. и 1993 г.) на побережье залива Петра Великого [5]: 1 – валуны; 2 – галька с песком; 3 – гравий; 4 – песок с гравием; 5 – песок; 6 – почва; 7 – коренные породы

с прохождением цунами и лавин, а также с активизацией эоловых процессов.

Цунами отмечаются дифференцированно, по частоте встречаемости (1 раз в 3–10 лет) и высоте прихода волн вдоль всего побережья. Наибольшей цунамиопасностью с максимальной высотой волны в 2,5–3,0 м отличаются юго-западные участки южной части острова (из-за повышенной сейсмичности на юге акватории). Тихоокеанское же побережье Сахалина, несмотря на свою открытость, принимает волны не более 1,5 м. С цунами связаны катастрофические разрушения аккумулятивных прибрежных форм рельефа и растительных группировок, а также хозяйственных объектов [5, 12]. Эффекты прохождения цунами (размыв морской террасы) нами были зафиксированы в 1971 г. на одном из участков на юго-западе острова.

Лавины – быстрый сход масс снега вниз по крутым безлесным склонам из-за резкого уменьшения их сцепления с подстилающей поверхностью. Из-за резко расчлененного (глубиной от 200–500 до 600–800 м) рельефа с преобладанием крутых склонов (30–45°) на Сахалине возникает много лавин (катастрофических – 1 в 10 лет). Их сходу способствуют большое количество выпадающих атмосферных осадков (от 400 до 750 мм/год, из которых до 40–45% твердые), метелевый перенос (число дней с метелью от 32 на юге до 65 на севере) снега на собственно лавиноопасные склоны, громадные площади зарослей бамбука на месте «сведенной» (в период японской оккупации 1905–1945 гг., в южной части острова) древесной растительности. Верхние снежные горизонты

«раздавливают» слой глубинной изморози и вызывают смещение снежных масс по «пригнутому бамбуковому слою» в форме осовов. Следы одной из таких лавин (мелкобугристые накопления лавинного конуса у подножья склона, сплошь покрытого бамбуковыми зарослями) были выявлены в ходе наших маршрутных наблюдений летом 1971 г. в районе пос. Томари. С точки зрения потенциальной угрозы для народного хозяйства о-в Сахалин следует относить к одной из наиболее лавиноопасных территорий России [5, 13].

Эоловые процессы. На северо-западе острова сильные ветры вызывают дефляцию песка. Бугристые пески развеваются и сливаются в гряды и дюны высотой до 15 м и длиной до 15–90 м. Дюны передвигаются в северо-западном направлении со скоростью около 2 м в год. С эоловыми процессами связаны уничтожение растительного покрова на значительных площадях и «заносы» хозяйственных объектов.

Геоэкологические риски на о-ве Сахалин сохраняются на достаточно высоком уровне.

Курильские острова. Среди катастрофических экзогенных процессов, с которыми связаны геоэкологические риски, выделяются *цунами* и *штормовые нагоны*, разрушающие на побережьях и естественные, и антропогенные объекты. Тихоокеанское побережье Курильских островов является ареной не только частых, но и катастрофических воздействий цунами. Так, здесь отмечаются волны с различным максимальным подъемом уровня – свыше 23 м 1 раз в 100–200 лет; 8–23 м 1 раз в 50–100 лет; 3–8 м 1 раз в 20–30 лет; 1–3 м 1 раз в 10 лет.



Штормовые нагоны наблюдаются на открытых участках преимущественно Тихоокеанского побережья, где они достигают по высоте 2–4 м [14, 17].

Геоэкологические риски на Курильских островах из-за повышенной сейсмичности в регионе и связанной с этим высокой цунамиопасности отличаются высокой напряженностью. Существенные коррективы могут внести антропогенные факторы (из-за площадных рубок лесов и возможной активизации общих лесных пожаров; возможных кризисных «выбросов» в атмосферу техноэцеств и вызываемого этим потепления климата). Результирующая этих колебаний неизвестна, но высокие геоэкологические риски вполне вероятны.

Заключение

Для Дальнего Востока, по нашим оценкам, в течение ближайшего будущего будет характерно направленное возрастание естественной континентальности физико-географической обстановки [5]. В связи с этим здесь одновременно будет: а) повышаться удельный вес и устойчивость «континентальных» геосистем на общем фоне направленного похолодания; б) усиливаться роль экстремальных процессов в повышении пластичности современных океанических геосистем. Для достижения оптимального природопользования в условиях естественных ситуаций его режимы должны быть «щадящими» – по пространственно-временной нормализации природной среды, учитывающими существующие риски и определяемые ими экологические ограничения.

Библиографический список

1. Скрыльник Г. П. Основные уровни устойчивости в общей организации геосистем Земли // Успехи современного естествознания. 2017. № 11. С. 101–106.
2. Скрыльник Г. П. Взаимодействия факторов и процессов в организации геосистем и устойчивое развитие // Рельефообразующие процессы: теория, практика, методы исследования. Новосибирск : ИГ СО РАН, 2004. С. 247–249.
3. Преображенский В. С. Проблемы изучения устойчивости геосистем // Устойчивость геосистем. М. : Наука, 1983. С. 5–73.
4. Мясников Е. А., Скрыльник Г. П. Геоэкология: устойчивость, уязвимость, геодинамическая опасность геолого-

оморфологических систем урбанизированных территорий дальнего Востока России // Инженерная экология. 2013. № 3. С. 12–25.

5. Короткий А. М., Коробов В. В., Скрыльник Г. П. Аномальные природные процессы и их влияние на состояние геосистем юга российского Дальнего Востока. Владивосток : Дальнаука, 2011. 265 с.
6. Скрыльник Г. П. Методические подходы к определению устойчивости геосистем // Взаимодействие общества и окружающей среды в условиях глобальных и региональных изменений. Барнаул, 2003. С. 298–299.
7. Север Дальнего Востока. М. : Наука, 1970. 488 с.
8. Кирпотин С. Н., Полищук Ю. М., Брыксина Н. А. Динамика площадей термокарстовых озер в сплошной и прерывистой криолитозонах Западной Сибири в условиях глобального потепления // Вестник Томского государственного университета. Науки о Земле. 2008. № 311. С. 185–189.
9. Родионова Т. В. Исследование динамики термокарстовых озер в различных районах криолитозоны России по космическим снимкам. М. : Издательство Московского университета, 2013. 196 с.
10. Ловеллус Н. В., Ретейом А. Ю. Циклы солнечной активности в Арктике // Общество. Среда. Развитие. 2018. № 1. С. 128–130.
11. Глобальная служба атмосферы (ГСА) – Global Atmosphere Watch Programme [Электронный ресурс]. URL: <https://public.wmo.int/.../programmes/global-atmosphere-watch-programme> (дата обращения: 16.06.2018).
12. Алексеев В. Р. Криогенная опасность в природе Земли // Наука и техника в Якутии. 2017. № 1 (32). С. 1–17.
13. Юг Дальнего Востока (История развития рельефа Сибири и Дальнего Востока). М. : Наука, 1972. 423 с.
14. Геосистемы Дальнего Востока России на рубеже XX–XXI веков : в 3 т. Т. 2. Природные ресурсы и региональное природопользование. Владивосток : Дальнаука, 2010. 560 с.
15. Готванский В. И., Лебедева Е. В. Влияние природных и антропогенных факторов на напряженность геоморфологических процессов на Дальнем Востоке // Геоморфология. 2010. № 2. С. 26–35.
16. Калашников А. В., Калинина Н. В. Амурская область: экологические проблемы / Российская объединенная демократическая партия «Яблоко», фракция «Зеленая Россия». М., 2014. 51 с.
17. Дегтерев А. В., Рыбин А. В., Мелекесцев И. В., Разжигайева Н. Г. Эксплозивные извержения вулкана пик Сарычева в голоцене (о. Магуа, Центральные Курилы): геохимия тефры // Тихоокеанская геология. 2012. Т. 31, № 6. С. 16–26.

Образец для цитирования:

Скрыльник Г. П. Устойчивость геосистем и геоэкологические риски на территории российского Дальнего Востока // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2019. Т. 19, вып. 4. С. 253–261. DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2019-19-4-253-261>

Cite this article as:

Skrlynik G. P. Stability of Geosystems and Geo-Environmental Risks on the Territory of the Russian Far East. *Izv. Saratov Univ. (N. S.), Ser. Earth Sciences*, 2019, vol. 19, iss. 4, pp. 253–261 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2019-19-4-253-261>



УДК 911.3

Демографические аспекты развития населения и урбанизации в Туркменистане

С. В. Уставщикова

Уставщикова Светлана Владимировна, кандидат географических наук, доцент, Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, sveus1@yandex.ru

В статье рассмотрены необходимость и условия урбанизации в республике. Высокий естественный прирост и аграрный тип экономики – причины проблем в области занятости. Внутренняя миграция в стране направлена в города, что обуславливает развитие урбанизации. Модели урбанизации, которые преобладают в стране, – «периферийная» и «концентрационная». Приведена классификация и типология городов Туркменистана. Определены перспективы процесса урбанизации.

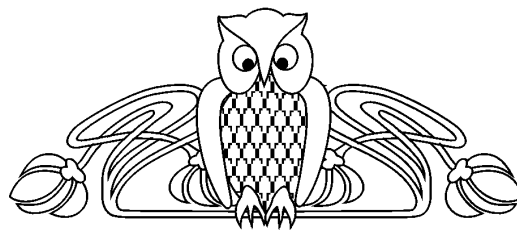
Ключевые слова: естественный прирост, миграционные процессы, урбанизация, «периферийная» урбанизация, «концентрационная» урбанизация, классификация и типология городов.

Demographic Aspects of Development of Population and Urbanization in Turkmenistan

S. V. Ustavshchikova

Svetlana V. Ustavshchikova, <https://orcid.org/0000-0003-0816-9866>, Saratov State University, 83 Astrakhanskaya St., Saratov 410012, Russia, sveus1@yandex.ru

The article discusses the conditions and the need of urbanization in the country. High natural growth and the agrarian type of economy are the cause of employment problems. Internal migration in the country is directed to cities, which leads to the need to develop urbanization. The urbanization models that prevail in the country are peripheral and concentration. The classification and typology of the cities in



Turkmenistan are given. The prospects of the urbanization process are estimated.

Keywords: natural growth, migration processes, urbanization, peripheral urbanization, concentration urbanization, classification and typology of cities.

DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2019-19-4-262-266>

Введение и постановка проблемы. Демографические процессы, происходящие в стране, оказывают определенное воздействие на социально-экономическое развитие страны, на расселение и урбанизацию. Высокий естественный прирост населения диктует условия урбанизации и ее необходимость. Республика Туркменистан развивающаяся страна Центральной Азии. Страна ищет свой путь развития, используя наследие СССР, и откликается на вызовы глобализации. На современный этап ее развития большое влияние оказывают демографические процессы и низкий уровень урбанизации.

Основная часть. Туркменистан относится к странам с быстрым ростом численности населения. Население республики составляет 5,8 млн человек (2018 г.), за 1990–2018 гг. оно выросло на 2,2 млн человек, т. е. темп его роста составлял 1,6% ежегодно. Население увеличивается в результате значительного естественного прироста (рис. 1).

Этот рост обусловлен возрастной структурой населения страны, так, на 2018 г. дети до 15 лет составляют 31%. Однако идет процесс сокращения

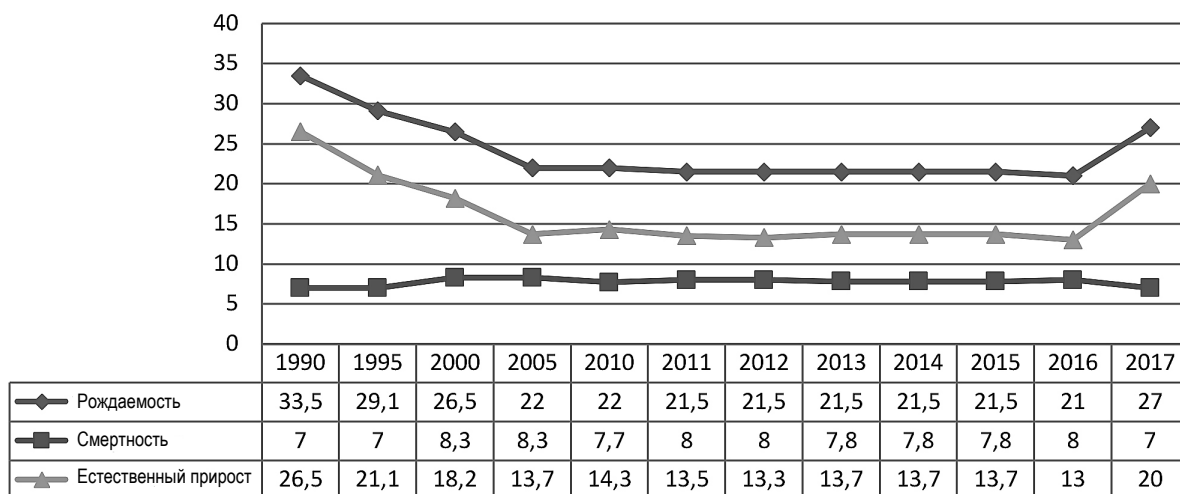


Рис. 1. Динамика показателей естественного прироста населения (на 1000 населения). Сост. по: [1]



детности семьи. Так, суммарный коэффициент рождаемости изменился с 4,17 (1990г.) до 3,2 (2017г.). Следовательно, в ближайшем будущем неизбежно сокращение показателей рождаемости. Однако для этого необходимо большее снижение младенческой смертности. В настоящее время смертность детей до года велика (45 детей на 1000 новорожденных за один год (1990 г. – 54,7)). Младенческая смертность является важной характеристикой общего состояния здоровья и уровня жизни населения страны. С середины XX в. этот

показатель практически неизменно используется как один из важных факторов при классификации стран по уровню жизни населения. Часто именно высокая младенческая смертность в стране связана с высокой рождаемостью как своеобразной страховкой родителей на старость. В республике, хотя и небольшими темпами, растет продолжительность жизни населения (рис. 2). Ожидаемый рост доли населения старше 65 лет (2018 г. – 4%, 2050 г. – 11%) приведет к увеличению смертности населения. За этим последует сокращение темпов

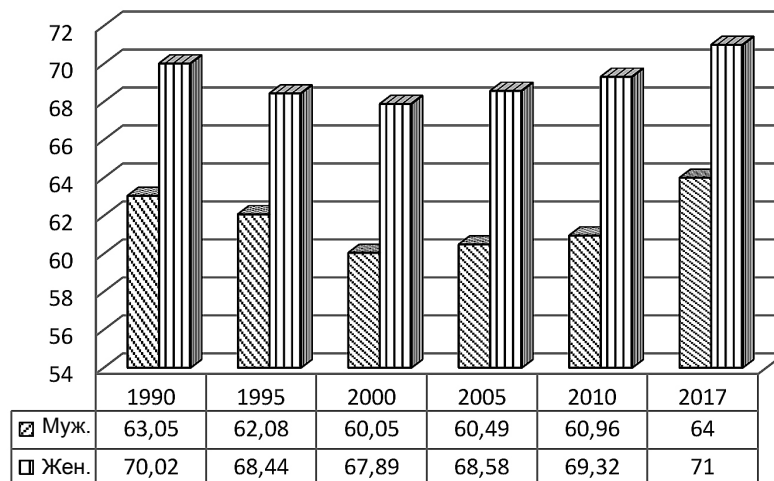


Рис. 2. Динамика продолжительности жизни в Туркменистане в 1990–2017 гг., лет [1]

роста численности населения. Но это сокращение будет идти долгое время, так как медианный возраст населения 25,6 года (2015 г.). Прогноз численности населения, разработанный экспертами ООН, предсказывает ее сокращение к 2100 г.

Международная миграция из республики менялась на протяжении 1989–2017 гг. Внешние миграционные процессы после распада СССР характеризовались преобладанием эмиграции, прежде всего оттоком нетитульного населения, в том числе русских (табл. 1).

Таблица 1

Этнический состав населения Республики Туркменистан в 1989, 1995 и 2010 гг., %

Этнос	1989	1995	2010
Туркмены	72,0	76,1	78,6
Узбеки	9,0	9,2	9,4
Русские	9,5	6,7	3,2
Казахи	2,5	2,0	2,7
Азербайджанцы	0,9	0,8	1,0
Татары	1,1	0,8	1,2
Украинцы	1,0	0,5	0,2
Другие	4,0	3,9	3,7

Примечание. Приведены народы, доля которых в населении страны когда-либо составляла 1,0% [2].

С начала 1989 г. по 2010 г. численность туркмен в республике выросла вдвое (с 2,5 до 4,0 млн), в частности за счет возвратной миграции туркмен с постсоветского пространства, тогда как численность русских сократилась почти втрое – из 334 тыс. осталось 165 тыс. [2,3]. Так, миграционное сальдо Россия – Туркменистан составило 86,4 тыс. человек в пользу России за 1989–1999 гг., за следующее десятилетие (2000–2009 гг.) – 45,8 тыс. человек. В 2010–2017 гг. в России остались почти 24,4 тыс. человек из Туркмении [4].

Кроме РФ, миграционный поток из Туркмении был направлен в основном в Турцию, Иран, ОАЭ, в страны СНГ и ЕС. По предварительным оценкам Государственной миграционной службы в 2012 г. за пределы страны выехало свыше 150 тыс. граждан, из которых более 110 тыс. считаются невозвращенцами. В основном это те, кто покинул страну по туристическим визам.

В настоящее время в результате экономического кризиса в Туркменистане, несмотря на запреты и ограничения, все большее число граждан в поисках работы стремятся выехать за рубеж. Основным направлением является Турция. В последнее время туркмены стали выезжать и в соседние страны – Казахстан, Узбекистан и Азербайджан. Кому-то удастся закрепиться в этих государствах, но чаще они оказываются



транзитными на пути все в ту же Турцию. По мнению экспертов, новым направлением туркменской трудовой миграции может стать Россия. «Пока трудовой миграции из Туркменистана в Россию, хоть сколько-нибудь похожей на миграцию из других стран Центральной Азии, нет. На территории России находится всего несколько тысяч граждан этой страны, да и то большая их часть приехала не на работу. Но прогнозировать развитие ситуации трудно. Считается, что сравнительно невысокая мобильность граждан Туркменистана связана с жестко авторитарным характером политического строя страны» [5]. В 2017 г. на миграционный учет в России встали 74 тыс. граждан Туркменистана, гражданство России приобрели 729 граждан [6].

Туркменистан до сих пор является страной с аграрно-индустриальным типом экономики. Первое место по занятости трудоспособного населения занимает первичный сектор экономики. Так, в сельском и лесном хозяйстве трудится около 48% всех работающих жителей. В сфере услуг работают 34% занятого населения Туркменистана, в промышленности – 12% [7].

Именно рост населения обуславливает ускорение процессов урбанизации. В республике назрела необходимость создания новых городов и агломераций, которые будут играть роль полюсов роста. Туркменистан относится к странам со средним уровнем урбанизации. Доля городского населения в стране составляет лишь 52% (2018 г.) и растет значительными темпами (47% – 1990г.). Среднегодовой темп прироста в 2010–2015 гг. составил 2,5 % [8].

Доля и численность горожан растет в стране в результате трех процессов:

- естественного прироста населения в городах;
- миграционного прироста населения из сельской местности в городскую;
- административных преобразований (так, по состоянию на 1 января 2014 г. в Туркмении было 24 города, после административно-территориальных реформ 2016 г. число городов увеличилось до 47, на 1 октября 2018 г. – 51 город) [9].

Условия урбанизации и ее необходимость проявляются в следующем:

- высокий естественный прирост населения в сельской местности при ограниченных возможностях занятости на селе приводит к обострению проблемы безработицы, осуществляется миграция населения в города;
- ограниченность водных и земельных ресурсов, которые ставят вопрос о повышении производительности труда в сельском хозяйстве, приводит к появлению обрабатывающих машиностроительных и ремонтных предприятий в поселениях, которые преобразуются в городские, влияя на темпы урбанизации;
- экономика страны переходит с аграрно-индустриального типа на индустриально-аграрный.

В Туркменистане на начало XX века было четыре города: Красноводск – 1869 г. (год получения городского статуса), ныне Туркменбаши; Ашхабад – 1881 г., Мары – 1884 г., Чарджоу – 1886 г. (ныне Туркменабад). В советский период возникло еще 11 городов – все они продукт индустриализации. Индустриализация в Туркменистане во многом была связана с эвакуацией промышленных предприятий в годы Великой Отечественной войны и активной деятельностью по освоению углеводородных ресурсов. В послевоенное время основным достижением Туркменистана стало развитие добычи природного газа, нефтеперерабатывающей промышленности и машиностроения, а также наращивание производства хлопка. В соответствии с потребностями этих отраслей получили развитие транспортная и оросительная инфраструктура. В частности, сооружение в 1950–1970 гг. Каракумского канала дало мощный стимул развитию земледелия.

- По функциональному типу города делились:
- на организационно-хозяйственные центры добывающей промышленности (Западная Туркмения);
 - центры сельскохозяйственных районов;
 - центры обрабатывающей промышленности (расположены в глубине оазисов).

В республике сложились поселки городского типа, которые по мере роста населения преобразовывали в города. Их функциональные типы – добывающая промышленность (локализация в местах разработки нефти, газа, химического сырья, строительных материалов), обслуживание ирригационных сооружений на реках, Каракумском канале, промысловое рыболовство, частично земледелие.

В Туркменистане (данные на 1 октября 2018 года) 51 город относится к четырем административным категориям:

- столица страны – Ашхабад;
- административные центры пяти велаятов: Аннау (29,6 тыс. чел.), Балканабат (89,8 тыс. чел.), Дашогуз (227,2 тыс. чел.), Туркменабат (408,9 тыс. чел.), Мары (208,6 тыс. чел.);
- города с правами этрапа;
- города в этрапе [9].

В стране один город с численностью населения более 1 млн. человек – это столица Ашхабад (табл. 2). Именно в столице сосредоточено более 30% всего городского населения страны. В больших городах с населением более 100 тыс. человек (их 3) сосредоточено еще около 30%. В современном Туркменистане чем крупнее город, тем более быстрыми темпами растет его численность.

В 26 городах, представленных в табл. 2, численность населения которых опубликована, проживают 89,3% городского населения.

В результате административной реформы 2016 г. более 20 поселений получили городской статус. Данная политика продолжается (есть поселения, получившие городской статус в 2018 г.).



Таблица 2

Классификация городов по численности населения (по 26 городам) и по времени получения городского статуса

Группа городов по численности, тыс. чел.	Число городов /численность населения в них, тыс. чел.	Доля в городском населении*	Год получения городского статуса	Число городов
Более 1 млн чел	1 /1 003,7	33,2	1800–1900	4
500,0 тыс. чел. –1 млн	–	–	1901–1940	7
100,0–499,9	3 /844,8	28,0	1941–1990	6
50,0–99,9	6 /480,6	15,9	1991–2015	4
20,0–49,9	12 /335,5	11,1	2016–2018	25
Менее 20,0	4/35,0	1,1	Нет данных	3

*Численность городского населения на 2018 г. – 3019 человек. Сост. по: [10].

Так, населенные пункты, достигшие численности населения 8 тыс. человек, переводят в городские. В таких поселениях уже имеются промышленные предприятия, строительные и транспортные организации, коммунальное хозяйство, муниципальный жилищный фонд, сеть социально-культурных учреждений, предприятия торговли и быта. Государственные органы осуществляют строительство перерабатывающего предприятия (пищевая, текстильная отрасли), возникают новые объекты социальной инфраструктуры (стадион, школа, больница). Часто городом становятся два объединенных поселения, расположенных в непосредственной близости друг от друга, с растущим населением. Это так называемая «периферийная» урбанизация, получившая большое распространение в развивающихся странах Азии. В результате периферийной урбанизации сельские населенные пункты преобразуются в городские. Такой процесс урбанизации кардинальным образом меняет структуру и физический облик обширных сельских районов. От «периферийной» урбанизации выиграли многие сельские жители, которые в противном случае были бы вынуждены перебираться в большие города. Теперь же они получили работу по месту жительства. Но облик поселения при этом почти не меняется, напоминая сельский. Многие жители продолжают заниматься сельским хозяйством (хлопок, зерно, животноводство, садоводство). Произведенная ими продукция перерабатывается на местных предприятиях.

Подобные процессы урбанизации приводят к тому, что инфраструктура новых городов не всегда успевает за быстрорастущими потребностями предприятий и населения, что ведет к ухудшению условий жизни в городах (плохая экология, недостаток и низкое качество коммунальных услуг, риски для здоровья людей и т. п.) [11].

Одним из направлений политики урбанизации в стране может стать развитие городских агломераций. Это позволит снизить концентрацию населения в столице и крупных городах, а также обеспечить более равномерное пространственное развитие. Пока же рост Ашхабада обусловлен поглощением городов пригородной зоны (г. Абадан в 2013 г. стал частью Ашхабада).

Крупные города играют ведущую роль в экономике Туркменистана, именно в них сосредото-

чены финансовые, трудовые, интеллектуальные и иные ресурсы (3–4 города). В то же время малые и средние города слабо участвуют в экономическом и социальном развитии страны, что приводит к перекосам в территориально-пространственном развитии. Ключевой проблемой малых и средних городов является их монофункциональность. В странах Центральной Азии, и Туркменистан не исключение, наблюдается «концентрационная модель» урбанизации – сосредоточение населения и экономики в крупных и крупнейших городах. При этом малые и средние города, несмотря на их численность и социальную значимость, слабо участвуют в экономическом развитии стран региона [11, с. 47]. Необходимо через развитие малых и средних городов превратить их в опорный каркас экономического развития страны.

Основная проблема урбанизации в странах Центральной Азии заключается в том, что конфигурация городов и их территориальное развитие еще во многом пребывают в рамках советской парадигмы. Иными словами, города рассматриваются прежде всего как центры точечной индустриализации и административно-культурные центры. Географически регион Центральной Азии обладает значительным потенциалом развития. Он расположен между быстрорастущими в экономическом плане Восточной Азией и Европой. Центральная Азия может обрести статус пространства, ориентированного на транзит идей, технологий, товаров и капиталов. В связи с этим возможно появление новых городов-лидеров, имеющих индустриально-инновационный и транспортно-логистический потенциал. Так, город Теджен постепенно превращается в серьезный транспортно-логистический центр регионального масштаба. В 1990-х гг. была построена железнодорожная ветка Теджен-Серахс-Мешхед (Иран), и станция стала узловой. Все железнодорожные составы, следующие из стран Средней Азии в Иран и обратно, проходят через Теджен-Серахс. Около половины экспортно-импортного грузопотока среднеазиатского региона (Туркменистан, Казахстан, Киргизия, Узбекистан, Таджикистан) приходится на перевозки через порты Ирана. В завершающей стадии находится строительство Туркменбашинского международного морского порта, воздушных гаваней в городах Дашогуз



и Туркменабат. Туркменбашинский порт имеет важное геополитическое значение в Евразии. Находясь на торговом пути Европа-Кавказ-Азия, он способен принимать суда в течение всего года. Порт является «морскими воротами», связывающими Центральную Азию и Европу морскими, автодорожными и железнодорожными путями, и выполняет функции крупнейшего транзитного узла региона.

Туркменистан превращается в страну крупных транспортно-логистических узлов межрегиональной и межконтинентальной значимости. В стране изучаются перспективы проекта транспортного коридора Средняя Азия – Ближний Восток (Узбекистан – Туркменистан – Иран – Оман). Новый коридор позволит странам Центральной Азии связаться с портами Персидского и Оманского заливов оптимальным маршрутом.

В декабре 2014 г. был завершен проект по строительству транснациональной железнодорожной магистрали Казахстан-Туркменистан-Иран. По предварительным расчетам годовой объем перевозок в итоге может составить 10–12 млн т грузов. По этому торговому пути грузы могут беспрепятственно переправляться в страны Персидского залива, к Индийскому океану, вывозиться в Европу [12].

Заключение. Население страны растет значительными темпами. Миграция не оказывает большого влияния на демографические процессы, как это происходит в других странах Средней Азии. Развитие Туркменистана как транспортно-логистического центра международного значения в данный исторический период даст новый импульс развитию экономики малых городов страны. Изменение статуса региона (прежде закрытого от мировой экономики) потребует нового понимания роли и места городов, формирования их нового каркаса. Вполне возможна серьезная трансформация значимости городов в национальном и региональном масштабе [11, с. 52]. Политика, направленная на включение Туркменистана в глобальное экономическое пространство как моста между Восточной Азией и Европой, предусматривает:

– появление новых городов-лидеров, имеющих индустриально-инновационный и транспортно-логистический потенциал;

– превращение прежних городов-аутсайдеров в города-лидеры, которые должны и смогут использовать свои конкурентные преимущества в новых условиях;

– возможность получения крупными городами-лидерами новых конкурентных преимуществ.

Библиографический список

1. Демографические показатели по 15 новым независимым государствам [Электронный ресурс]. URL: http://www.demoscope.ru/weekly/ssp/sng_rni.php (дата обращения: 20.04.2019)
2. Население Туркмении [Электронный ресурс]. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9D> (дата обращения: 20.05.2019)
3. Туркменистан. Проект. Базовый миграционный профиль. Подготовлен Секретариатом Пражского процесса. 2014. 28 с. [Электронный ресурс]. URL: <https://docplayer.ru/64275121-Turkmenistan-proekt-bazovyy-migracionnyy-profil.html> (дата обращения: 20.05.2019)
4. Международная миграция [Электронный ресурс]. URL: http://www.rosstat.gov.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/population/demography/ (дата обращения: 21.05.2019)
5. В РФ могут появиться новые мигранты – из Туркмении [Электронный ресурс]. URL: http://www.ng.ru/cis/2018-04-13/1_7211_turkmenia.html 13.04.2018 00:01:00 (дата обращения: 21.05.2019)
6. В 2017 году на миграционный учет в России встали 74 тысячи граждан Туркменистана [Электронный ресурс]. URL: <https://www.hronikatm.com/2018/02/v-2017-godu-namigratsionnyiy-uchet-v-rossii-vstali-74-tyisyachi-grazhdan-turkmenistana/> (дата обращения: 21.05.2019)
7. Республика Туркменистан. Население страны [Электронный ресурс]. URL: <http://fb.ru/article/327081/respublika-turkmenistan-naselenie-strany/> (дата обращения: 31.05.2019)
8. Показатели урбанизации по странам мира в 2018 году [Электронный ресурс]. URL: <http://www.demoscope.ru/weekly/app/wup2018.php> (дата обращения: 15.05.2019)
9. Административное деление Туркмении [Электронный ресурс]. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/> (дата обращения: 11.05.2019)
10. Список городов Туркмении по населению [Электронный ресурс]. URL: <https://all-populations.com/ru/tm/list-of-cities-in-turkmenistan-by-population.html> (дата обращения: 22.04.2019)
11. Урбанизация в Центральной Азии: вызовы, проблемы и перспективы. Ташкент, 2013 [Электронный ресурс]. URL: https://www.unecsc.org/fileadmin/DAM/hlm/prgm/cph/experts/uzbekistan/CER_AD_Urban_CA.pdf (дата обращения: 17.05.2019)
12. Туркменистан превращается в транспортно-логистический центр международного значения [Электронный ресурс]. URL: <https://www.trend.az/casia/turkmenistan/2816909.html> (дата обращения: 17.05.2019)

Образец для цитирования:

Уставщикова С. В. Демографические аспекты развития населения и урбанизации в Туркменистане // Изв. Сарат. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2019. Т. 19, вып. 4. С. 262–266. DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2019-19-4-262-266>

Cite this article as:

Ustavshchikova S. V. Demographic Aspects of Development of Population and Urbanization in Turkmenistan. *Izv. Saratov Univ. (N. S.), Ser. Earth Sciences*, 2019, vol. 19, iss. 4, pp. 262–266 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2019-19-4-262-266>



ГЕОЛОГИЯ

УДК 563.45 (116.3)

Contubernium Ochevi (Porifera, Hexactinellida)

Е. М. Первушов

Первушов Евгений Михайлович, доктор геолого-минералогических наук, заведующий кафедрой, Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, pervushovem@mail.ru

Среди поздне меловых *Ventriculitidae*, париформный скелет которых наиболее просто построен, установлены представители семейства, характеризующиеся необычными новообразованиями. На парагастральной поверхности стенки этих губок (*Contubernium*), после ее отворота, регулярно расположены конусообразные submodule, появление которых связывается с незавершенным почкованием. Парагастры submodule не сопряжены с центральной полостью губки, что позволило рассматривать *Contubernium* как перифронтальный организм, занимающий промежуточное положение между одиночными и модульными формами губок. Ареал этих раннесантонских губок локализован на территории правобережного Поволжья.

Ключевые слова: губки, гексактинеллиды, перифронтальные формы, *Contubernium ochevi*, эндемики, поздний мел, сантон.

Contubernium Ochevi (Porifera, Hexactinellida)

Е. М. Pervushov

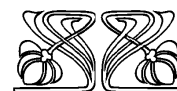
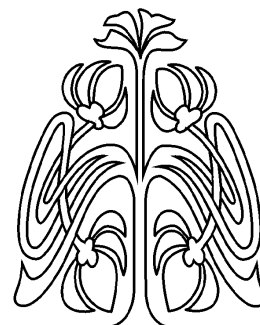
Evgeny M. Pervushov, <https://orcid.org/0000-0002-7962-0274>, Saratov State University, 83 Astrakhanskaya St., Saratov 410012, Russia, pervushovem@mail.ru

Among the Late Cretaceous *Ventriculitidae*, with the most simply constructed pariform skeleton, representatives characterized by unusual neoplasms were identified. On the paragastric surface after the lapel of these sponges (*Contubernium*), cone-shaped submodules are regularly based, the appearance of which is associated with incomplete blastogenesis. Paragastra of submodules are not associated with the atrium, therefore, *Contubernium* is considered as a perifrontal organism, occupying an intermediate position between single and modular forms of spongia. The range of these Lower Santonian sponges is localized on the right-bank Volga territory.

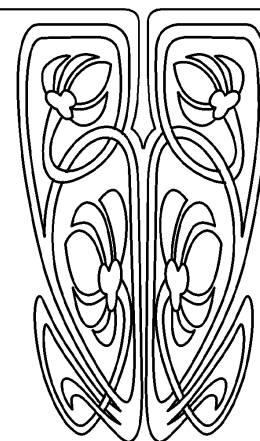
Keywords: sponges, hexactinellids, perifrontal forms, *Contubernium ochevi*, endemics, Late Cretaceous, Santonian.

DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2019-19-4-267-278>

Введение. При изучении относительно просто устроенных поздне меловых губок – гексактинеллид, представителей семейства *Ventriculitidae* [1, 2], установлены формы, в строении скелета которых выделены обособленные элементы, нехарактерные для вентрикулитид и многих гексактинеллид. Большинство представителей этого семейства париформного строения: очертания парагастральной полости прямо соотносятся с коническим, цилиндрическим или тарелковидным габитусом скелета. Морфологическое разнообразие губок париформного строения обусловлено сочетанием наличия/отсутствия в структуре скелета ризоид, стержня, отворота или изгиба стенки и степенью выраженности их соотношений. Поэтому какие-либо новообразования в строении скелета этих губок с учетом первичной и рецентной сохранности уверенно прослеживаются. По мере накопления фоссильного материала, находок экземпляров с характерными выростами и хорошей сохранности становилось очевидным, что это скелеты обособленной группы губок.



**НАУЧНЫЙ
ОТДЕЛ**





Губки со многими выростами на парагастральной поверхности грибообразного скелета выделены в самостоятельную группу на уровне подрода: *Ventriculites* (*Contubernium*). Морфология представителей этой группы отражает одно из направлений в морфогенезе гексактинеллид, проявившееся в сантонский этап их истории. В позднем коньяке – раннем сантоне на юго-востоке Восточноевропейской палеобиогеографической провинции отмечалось широкое площадное расселение многочисленных кремниевых губок, сопровождавшееся формообразованием на уровне вида и подрода/рода.

Формы, на поверхности скелета которых установлены выросты с дополнительными, выводящими отверстиями (оскулюмами, субоскулюмами) и не сообщающимися с центральной парагастральной полостью, определены как перифронтальные [3]. Среди перифронтальных губок выделены две группы, представители которых отличаются расположением почковидных новообразований на парагастральной (*Ventriculites* (*Contubernium*)) или дермальной поверхности стенки (*Rhizopoterion* (*Columelloculus*)).

Происхождение парагастральных перифронтальных форм. Появление *Contubernium* связывается с незавершенным парагастральным почкованием представителей *Ventriculites* (рисунок). Это одиночные губки париформного строения. Скелетообразующая стенка составляет скелет конусовидных очертаний, к ее верхнему краю приурочены зоны активного роста организма, его морфологической изменчивости и почкования [4]. Для вентрикулитид свойственен секторальный или концентрический широкий отворот стенки, в частности в горизонтальной плоскости. В этом случае зоны почкования располагались в наиболее приподнятых секторах парагастральной поверхности стенки (рисунок, фиг. 1, 2). В строении многих гексактинеллид и демоспонгий зоны почкования были приурочены к апикальным участкам тела. Подобная локация образования почек обусловлена тем, что они расположены на наиболее молодых участках организма, от которых с большей вероятностью происходит отделение и перемещение почек в водной среде под влиянием течений [4].

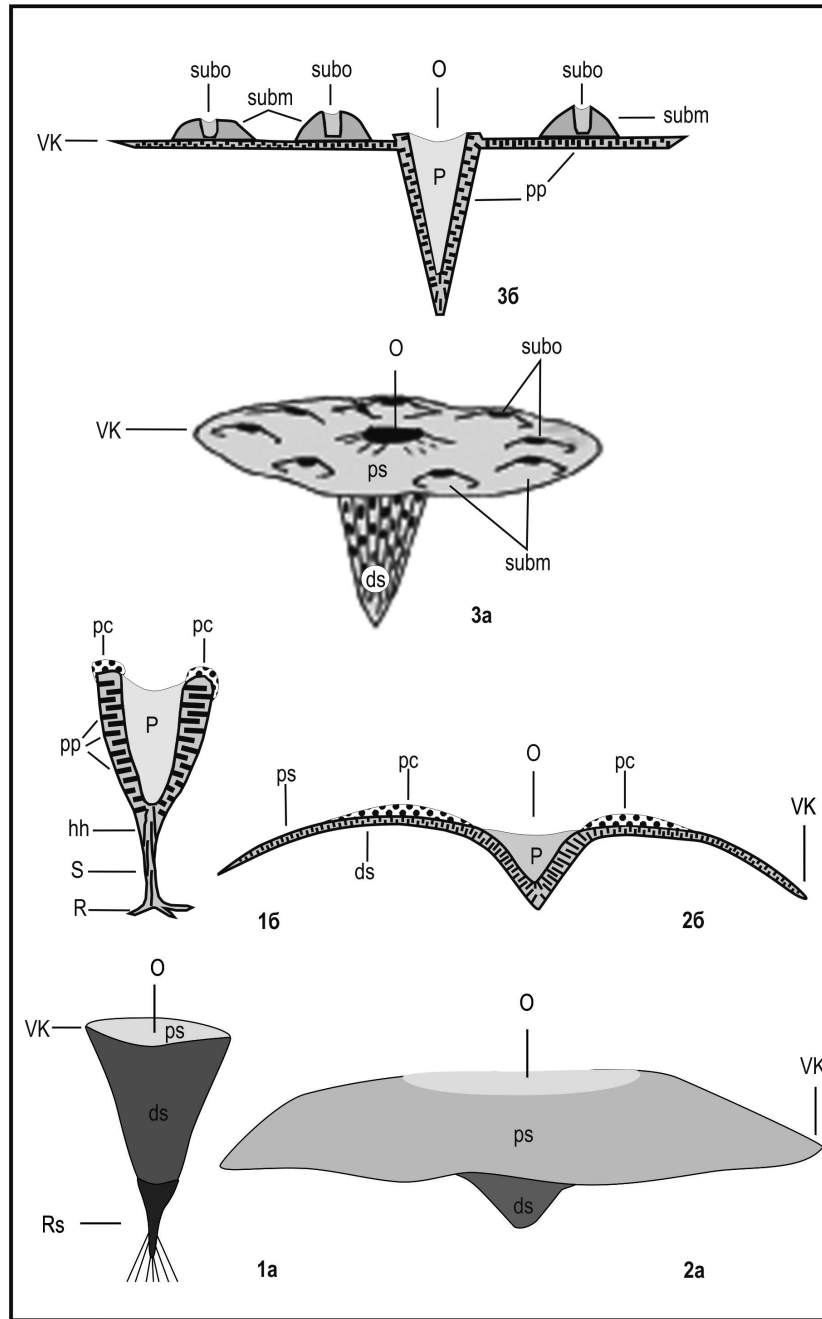
Парагастральная поверхность скелетообразующей стенки обычно полускрыта внутри скелета. При отвороте стенки парагастральная поверхность обращена к внешней среде, что способствует реализации ее предрасположенности к новообразованиям. Именно к секторам широкой горизонтальной парагастральной поверхности стенки приурочено формирование невысоких конических новообразований с короткой цилиндрической полостью и выводящим отверстием. Конические выросты на парагастральной поверхности отворота стенки рассматриваются как проявление унаследованного незавершенного почкования. Появление этих новых элементов спо-

собствовало преобразованию очертаний несущего скелета. Конический бокал с прямыми стенками стал низким и узкоконическим, а парагастральная полость – узкой. Оскулюм приобрел округлое очертание небольшого диаметра, его контуры подчеркнуты высокой бровкой, а верхний край расположен в горизонтальной плоскости.

Можно также предположить, что формирование парагастральных перифронтальных форм обусловлено преобразованием поперечных каналов (апохет) в обособленные полости, которые внешне выражены в виде выростов. Подобные выросты наблюдаются даже на дермальной поверхности губок, ирригационная система которых состоит из тонких поперечных каналов с большой плотностью расположения элементов скульптуры. Многочисленные выросты, сформированные по поперечным каналам, установлены в структуре скелетов губок *Guettardiscyphia* (*Hexactinosa*), а также известны среди *Naracana* (*Lychniscosa*) [5]. Морфологическое разнообразие перифронтальных форм ограничено и определяется их происхождением от париформных губок – приуроченностью субмодулей к парагастральной или дермальной поверхности скелетообразующей стенки (стержня).

Особенности строения и модульная организация. В структуре модульной организации позднемеловых гексактинеллид перифронтальные представители группы рассматриваются в составе унитарных губок наряду с одиночными и автономными формами [5]. В отличие от предковых, одиночных форм в скелете перифронтальных спонгий выделяется не только центральная парагастральная полость с оскулюмом, но и самостоятельные новообразования с небольшими цилиндрическими полостями и субоскулюмами. Эти элементы единого скелета морфологически обособлены, размеры полостей и диаметр субоскулюмов значительно меньше основной полости и оскулюма. Полости новообразований не сопряжены с центральной парагастральной полостью и ирригационной системой несущего организма, на дермальной или парагастральной поверхности которого расположены.

Подобное строение скелета, на наш взгляд, соответствует домодульному уровню организации губок, так как отчетливо выражена структура одиночных губок, осложненная новообразованиями в виде субмодулей, несколько видоизменяющих облик исходного организма [3]. Термин «субмодуль» обозначает подчиненную, вторичную роль дополнительных элементов в строении единого скелета губки. «Субмодули» не являются самостоятельными элементами в строении организма, что хорошо просматривается при сравнении перифронтальных форм со структурой скелетов, образованных многими модулями, равнозначными по габитусу, размерам и функциональному содержанию (автономные формы) [5]. Термин «субоскулюм» больше используется при харак-



Морфология скелета предковых унитарных форм *Ventriculites* и производных перифронтовых губок *Contubernium*

Фиг. 1. Строение унитарных париформных губок без отворота стенки (*Ventriculites striatus* T. Smith, 1848): 1а – общий вид; 1б – продольное, вертикальное сечение скелета. Верхний мел Европы. Фиг. 2. Строение унитарных париформных губок с широким равнобедренным и выпуклым отворотом стенки (*Ventriculites cribrosus* (Phillips, 1829)): 2а – общий вид; 2б – продольное, вертикальное сечение скелета. Турон – сантон Европы. Фиг. 3. Строение перифронтовых губок, у которых submodule расположены на парагастральной поверхности несущей стенки (*Ventriculites (Contubernium) ochevi* Pervushov, 1998): 3а – общий вид; 3б – продольное, вертикальное сечение скелета через оскулюм и submodule. Нижний сантон правобережного Поволжья, Россия. Условные обозначения: О – оскулюм, Р – парагастральная полость, R – ризоиды, Rs – ризоидный вырост, S – стержень, VK – верхний край, subm – submodule, subo – субоскулюм, pc – зоны активного почкообразования; элементы ирригационной системы: hh – продольные каналы и pp – поперечные каналы, ds – дермальная (темно-серый фон) и ps – парагастральная (светло-серый фон) поверхности стенки



теристике транзитных форм (*Coeloptychium*, *Balantionella*, *Guettardiscyphia* и *Tremabolites*), отражая вторичную, дополнительную роль этих мелких по сравнению с оскулюмом отверстий в скелете губки с единой парагастральной полостью.

Аспекты номенклатуры и систематики.

Перифронтальные формы рассматриваются на уровне подрода, в составе рода, с представителями которого предполагается их филогенетическая обусловленность. Среди вентрикулитид важными таксономическими признаками на уровне рода являются характеристика дермальной скульптуры и ее соотношение со скульптурой парагастральной поверхности стенки [2]. Субмодули с обособленными полостями дополняют и несколько видоизменяют очертания скелета исходных родственных форм, но строение дермальной скульптуры и ирригационной системы остается идентичным. Поэтому представители перифронтальных *Contubernium* рассматриваются в составе *Ventriculites*. Относительно короткое время существовавшие монотипные группы, подобные *Contubernium*, представляли конечные, специализированные тренды морфогенеза в ранге трибы (подсемейства) [1, 2].

Описание

Тип *Hexactinellida*

Подотряд *Lychniscosa* A. Schrammen, 1903

Семейство *Ventriculitidae* J. Phillips, 1829–1836

Диагноз. Бокал париформный, его строение в разной степени дополняют стержень и/или ризоиды. Скелетообразующая стенка с поперечными каналами, их устья являются негативными элементами дермальной и парагастральной скульптур. Характерен унитарный уровень организации, известны одиночные и перифронтальные формы, а также полиоскулюмные губки автономного строения.

Состав. Два подсемейства: *Ventriculitinae* J. Phillips, 1829–1836; *Rhizopoterioninae* A. Goldfuss, 1833.

Распространение. Верхний мел – палеоген, ? ныне.

Подсемейство *Ventriculitinae* J. Phillips, 1829–1836

Диагноз. В основании бокаловидного скелета развиты ризоиды или на дермальной поверхности стенки присутствуют шиповидные основания пучков ризоидных спикул. Скелетообразующая стенка пронизана слепыми поперечными цилиндрическими апо- и прозохетами с пилами, контуры каналов очерчены каналарной спиккулярной решеткой. Проксимальные продольные каналы плотно расположены в ризоидах. Интерканаларная спиккулярная решетка образована призматическими и кубическими клетками размером 0,25–0,38–0,5/0,25–0,38–0,5 мм. Кортекс

присутствует на всех поверхностях стенки. В основании парагастральной полости сохраняется пористая паренхимальная спиккулярная решетка с меандрирующими в вертикальной плоскости каналами.

Состав. Две трибы: *Ventriculitini* J. Phillips, 1829–1836; *Microblastini* I. Sinzov, 1872.

Сравнение. От *Rhizopoterioninae* отличается отсутствием стержня с гладкими проксимальными каналами без каналарной спиккулярной решетки.

Распространение. Альб, верхний мел – палеоген Европы, Северной Африки, юг Урала и Западной Сибири.

Триба *Ventriculitini* J. Phillips, 1829–1836

Диагноз. Толстостенные париформные бокалы с минимальной плотностью расположения элементов дермальной скульптуры.

Состав. Подтриба *Ventriculitina* J. Phillips, 1829–1836.

Сравнение. От *Microblastini* отличается продольно-линейной ориентацией элементов дермальной скульптуры с выдержанными очертаниями и размером прозопор.

Подтриба *Ventriculitina* J. Phillips, 1829–1836

Диагноз. Дермальная скульптура образована продольными параллельными ребрами и бороздами, дихотомирующими на участках изгиба и пережима стенки. В бороздах расположены округлые прозопоры и прямоугольные узлы ребер. На гладкой парагастральной поверхности регулярно расположены овальные остия. Соотношение скульптур поверхностей стенки реактивное.

Состав. Пять родов: *Ventriculites* (J. Phillips, 1829–1836); *Cephalites* (T. Smith, 1848); *Pleurogyge* A. Schrammen, 1912; *Rhizopoterionopsis* J. Lachasse, 1943; *Divicalys Pervushov*, 1998.

Под *Ventriculites* (J. Phillips, 1829–1836)

Spongia cribrosa: J. Phillips, 1829–1836, табл. 1, фиг. 7; Geinitz, 1842, с. 95.

Типовой вид – *Spongia cribrosa* J. Phillips, 1829–1836; верхний мел, Англия.

Диагноз. Габитус и параметры бокала определяются степенью развития отворота: обычно чем большую площадь он занимает, тем меньше высота нижней – конической – части. Толщина стенки сантонских форм 6–10 мм, реже до 12–14 мм, кампанских – 2–6 мм, уменьшается к верхнему краю. В основании бокала присутствует площадка прикрепления или короткий ризоид. Позитивные элементы дермальной скульптуры представлены широкими ребрами (1,5–2 мм) и низкими прямоугольными узлами ребер (0,5–2/3–5 мм). Прозопоры овально-вытянутые (1,5–2/3–4 мм). На 1 см² дермальной поверхности приходится 3–5 ребер, 2–4 борозды и 5–7 прозопор.



Замечания. Исследователи очень широко трактуют содержание этой таксономической группы, рассматривая в ее составе представителей родственных групп (*Sporadoscinia*, *Sorogistirps* и изоморфных представителей *Hexatinosa*). В данном случае, в качестве типового вида принято наиболее раннее описание представителя рода, морфологическая характеристика которого однозначно соответствует содержанию таксона.

Сравнение. От *Cephalites* отличается меньшей толщиной стенки и высоким бокалом с большей плотностью расположения элементов дермальной скульптуры, широким отворотом стенки.

Состав. Два подрода: *Ventriculites* (*Ventriculites*) (J. Phillips, 1829–1836), *Ventriculites* (*Contubernium*) *Pervushov*, 1998.

Распространение. Мел (апт – маастрихт) и палеоцен Европы.

Подрод *Contubernium Pervushov*, 1998

Contubernium Pervushov: Первушов, 1998, с. 111.

Ventriculites (*Contubernium*) *Pervushov*: Первушов, 2019, с. 54.

Название подрода от *contubernium* *лат.* – общежитие.

Типовой вид – *Contubernium ochevi* *Pervushov*, 1998; верхний мел, нижний сантон Поволжья (европейская часть России).

Диагноз. Губки унитарного уровня модульной организации и перифронтального строения, с расположением субмодулей на парагастральной поверхности стенки. Бокал конический с широким ортогональным отворотом стенки в горизонтальной плоскости. Диаметр отворота в 1,5–2 раза превышает высоту бокала. Центральный парагастр глубокий и субцилиндрический. Оскулюм округлый, диаметром 8–10/11–12 мм. Толщина стенки изменяется от 6–8 мм до 10–11 мм. Дермальные ребра и борозды шириной 1–2 мм, у крупных форм ребра неотчетливы. Узлы ребер узкие: 0,5/3–5 мм. Прозопоры овально-вытянутые – 1–2/2–4 мм. На парагастральной поверхности стенки, обращенной кверху при ее отвороте в горизонтальную плоскость, расположены канавки каналов (1–1,3 мм) и их тонкие стенки (0,5–0,6 мм), а также овально-вытянутые остия. Апо- и прозохеты диаметром 1,5–2 мм, порой диагональные в области бокала, расширяются к устью. У крупных форм отмечаются небольшие пилы. На горизонтальном участке парагастральной поверхности стенки распространены слабо выпуклые бугорки (субмодули) с круглыми субоскулюмами и мелкой цилиндрической полостью, количество которых возрастает с увеличением площади отворота. Интерканаларные кубические клетки размером 0,25–0,5 мм, диаметр спикул 0,04–0,06 мм, узла лихнисков 0,1–0,14 мм. На 1 см² дермальной поверхности приходится 3–4 ребра, 3 борозды и 3–5 прозопор.

Замечания. Изучение в аншлифах (фото-табл. 3, фиг. 1а) соотношения парагастральной полости и ирригационной системы несущего скелета и полостей субмодулей позволило предположить обособленное функционирование систем жизнеобеспечения несущего организма и дочерних новообразований.

Видовой состав. Типовой вид.

Сравнение. Среди унитарных вентрикулитид выделяется перифронтальным подуровнем организации – наличием субмодулей на парагастральной поверхности отворота стенки.

Распространение. Нижний сантон правобережья Саратовской и Волгоградской областей.

***Ventriculites* (*Contubernium*) *ochevi* *Pervushov*, 1998**

Табл. 1, 2, 3; Табл. 4, фиг. 2, 3.

Contubernium ochevi – Первушов, 1998, с. 111, табл. 14, фиг. 2.

Название вида в честь палеонтолога В. Г. Очева.

Голотип – РЕМ, № 121/1278; г. Саратов, нижний сантон.

Паратип – РЕМ, № 121/28; г. Саратов, карьер завода силикатного кирпича, нижний сантон.

Описание. Высота скелета 30–40 мм, диаметр по верхнему краю 60–70 мм. Оскулюм овальный (8–10/11–12 мм), острые края окружающей его стенки в виде кратера приподняты над парагастральной поверхностью. Конусообразный бокал невысокий – 19–31 мм, его диаметр до отворота 22–30 мм, стенка выпуклая. Над бокалом развит широкий равномерный ортогональный отворот в горизонтальной плоскости. После отворота нижняя поверхность стенки плоская и слабоволнистая. На верхней, парагастральной, поверхности стенки по окружности расположены небольшие конусовидные субмодули с мелкими субоскулюмами (3–6/3–6 мм) в центре. Количество субмодулей у форм полной сохранности при диаметре отворота до 50–60 мм изменяется от 7 до 12. Субмодули расположены равномерно концентрически по всей парагастральной поверхности. На поверхности субмодулей прослеживаются элементы скульптуры. Крупные формы известны по фрагментам горизонтальной стенки (фототабл. 2).

Онтогенез. Строение скелетов взрослых и зрелых форм известно по крупным фрагментам отворота (фототабл. 2, фиг. 1б–в; фототабл. 4, фиг. 2, 3б). В индивидуальном развитии губок отмечено проявление нескольких сопряженных тенденций в преобразовании элементов скелета. Наиболее заметно возрастание площади горизонтального отворота стенки, что сопровождалось увеличением количества субоскулюмов от 15–20 до 50–60. Но при этом многочисленные субмодули утрачивали отчетливо выраженные конические очертания, на их месте прослеживаются лишь субоскулярные отверстия, которые становились более крупны-



ми и овальными. Увеличение площади отворота стенки, дискообразной части скелета особенно заметно при сравнении с его нижней, конической, частью, высота которой оставалась неизменной на протяжении большей части жизни организма.

Формирование концентрического широкого отворота стенки сопровождалось появлением на нижней ее поверхности выростов, выполнявших функции ризоидов – подпорок. В строении форм с небольшим отворотом эти выросты представляют собой узкие асимметричные конусовидные образования, опущенные вниз от участков дермальных ребер. У более крупных форм эти выросты сливались воедино, образуя протяженные радиальные узкие валики, высота которых увеличивалась по направлению к верхнему краю до 20–25 мм. Последующее развитие выростов в связи с усилением их опорных функций приводило к искажению очертаний скелета зрелых губок. Эти изменения выражались в том, что ровная горизонтальная поверхность стенки, составляющей отворот, становилась плицирующей и неровной. Подобные видоизменения обусловлены тем, что к участкам развития дермальных опорных ризоидов на парагастральной поверхности приурочено формирование протяженных желобов, разделенных валиками (фототабл. 4, фиг. 2). Предполагается, что радиально ориентированные опорные выросты поддерживали широкий горизонтально ориентированный сектор стенки над поверхностью дна.

Изо м о р ф и з м. Среди фоссилий, по внешним признакам отнесенных к роду *Contubernium*, выделены формы, которые выделяются едва уловимыми внешними морфологическими особенностями. Основанием для рассмотрения выделенных скелетов губок в составе одной таксономической группы было сходное строение верхней горизонтальной поверхности, на которой распространены округлые субоскулюмы или оскулюмы. Изучение строения спиккулярной решетки позволило отнести часть экземпляров к *Ventriculites* (*Contubernium*), подотряд (*Luchniscosa*), а некоторые фоссилии оказались представителями подотряда *Hexactinosa*. При последующем рассмотрении скелетов губок *Hexactinosa* отмечены внешние признаки, все же отличающие их от *Contubernium*. Это отсутствие центрального оскулюма в структуре массивного скелета и дермальной скульптуры, наличие концентрических пережимов (фототабл. 4, фиг. 1; фототабл. 5). Особенности строения скелета рассматриваемых *Hexactinosa* позволяют предположить, что в этой группе объединены представители разных таксономических групп. Ареал немногочисленных гексактинос (7 экз.) преимущественно совпадает с участками находок *Contubernium*.

Фрагменты скелета губок *Tremabolites* (подотряд *Luchniscosa*) также внешне напоминают строение парагастральной поверхности *Contubernium* благодаря наличию многочисленных округлых

оскулюмов. В строении скелета некоторых демоспонгий (*Actinosiphonia*) также прослеживается концентрическое расположение нескольких модулей [5].

Та ф о н о м и я. Значительная часть скелетов губок из верхнемеловых отложений Поволжья происходит из аллохтонных комплексов. В этом случае они часто в той или иной степени фосфатизированы. Тела и скелеты губок даже при автохтонном и субавтохтонном захоронении сорбировали фосфатные соединения из водной среды. Именно эта первичная фоссилизация способствовала порой их идеальной первичной сохранности. Все скелеты *Contubernium* сильно фосфатизированы, большая их часть либо фрагментирована, либо представлена фрагментами отворота стенки. Это обусловлено тем, что условия обитания *Contubernium* не совпадали с последующим более активным придонным гидродинамическим режимом, из-за чего тело организма срывалось с места прикрепления либо его скелет вымывался уже из осадка. К тому же габитус этих губок способствовал изменению прижизненного положения скелета после гибели организма: его массивная верхняя дискообразная часть перевешивала нижний конусообразный бокал и переворачивалась на бок. Воздействие придонных течений и волновой динамики воды приводило к волчкообразному вращению скелета. Формы с большим диаметром отворота в подобных условиях раскалывались на сегменты с отделением нижней конусообразной части. При значительной выборке фоссилий лишь единичные формы небольшого диаметра отличаются почти полной сохранностью (фототабл. 1, 3). Селективная сохранность не позволяет представить видовое разнообразие представителей *Contubernium*: из 31 экземпляра фоссилий известно всего 10% скелетов полной сохранности. Значительная часть диагностируемых экземпляров *Contubernium* – это сегменты отворота стенки с субмодулями (фототабл. 2, фототабл. 4, фиг. 2, 3).

П а л е о э к о л о г и я. *Contubernium* были распространены в составе губково-моллюсковых сообществ на зрелых этапах сукцессии, которая развивалась с позднеконьякского по раннесантонское время. Они образовывали локальные поселения в интервале средней сублиторали. Губки *Contubernium* можно рассматривать как эндемичные формы в составе раннесантонского спонгиозообщества.

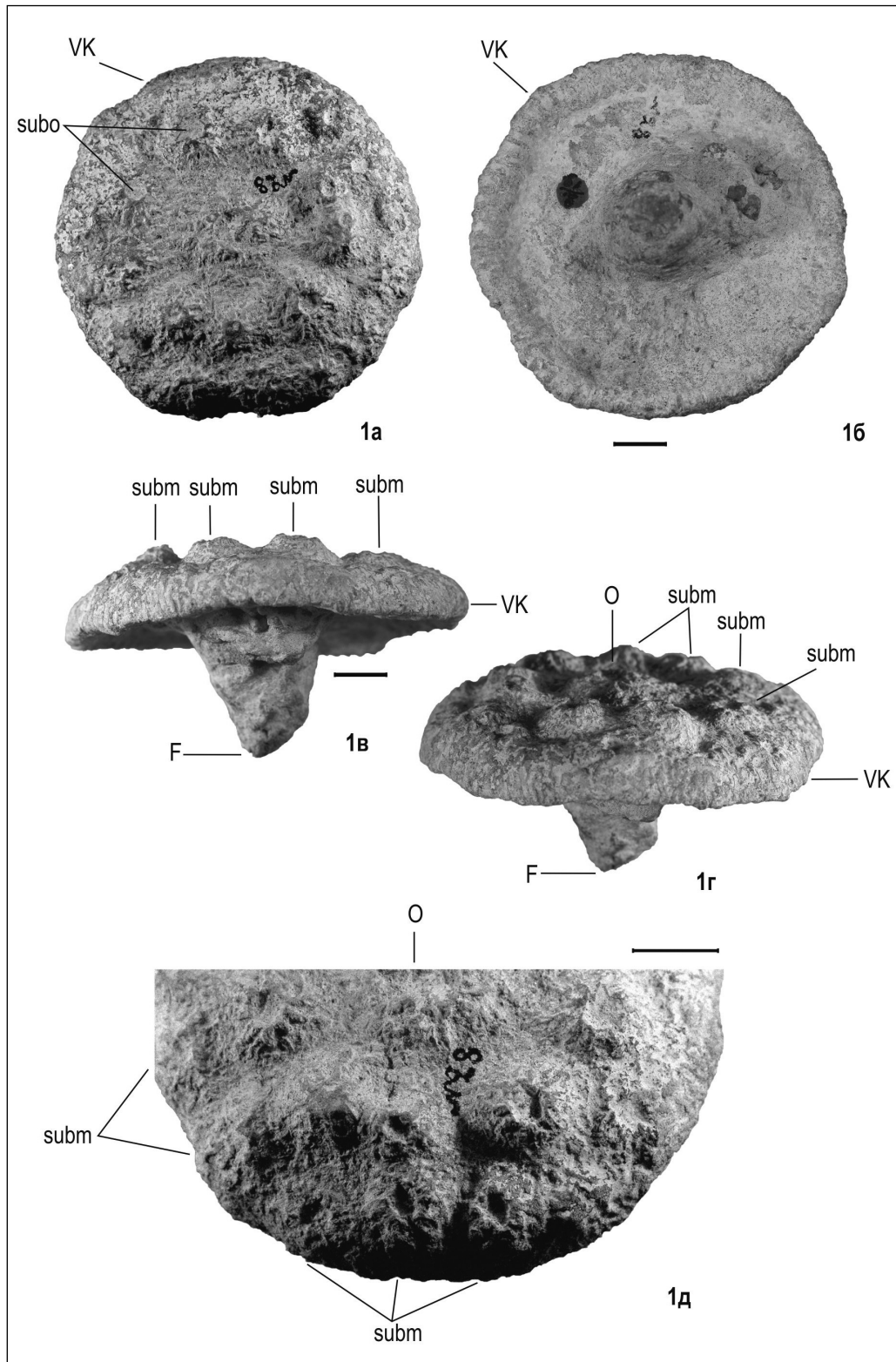
Р а с п р о с т р а н е н и е. Нижний сантон правобережья Саратовской и Волгоградской областей, большая часть местонахождений приурочены к юго-восточной части Саратовских дислокаций.

М а т е р и а л. 31 экз., аншлифы.

М е с т о н а х о ж д е н и я. Саратовская область: «Александровка-1», «Багаевка», «Карамышка», «Красный Текстильщик», «Мезино-Лапшиновка-2», «Озерки-1-4», «Пудовкино-1», «Репная



Фототаблица 1

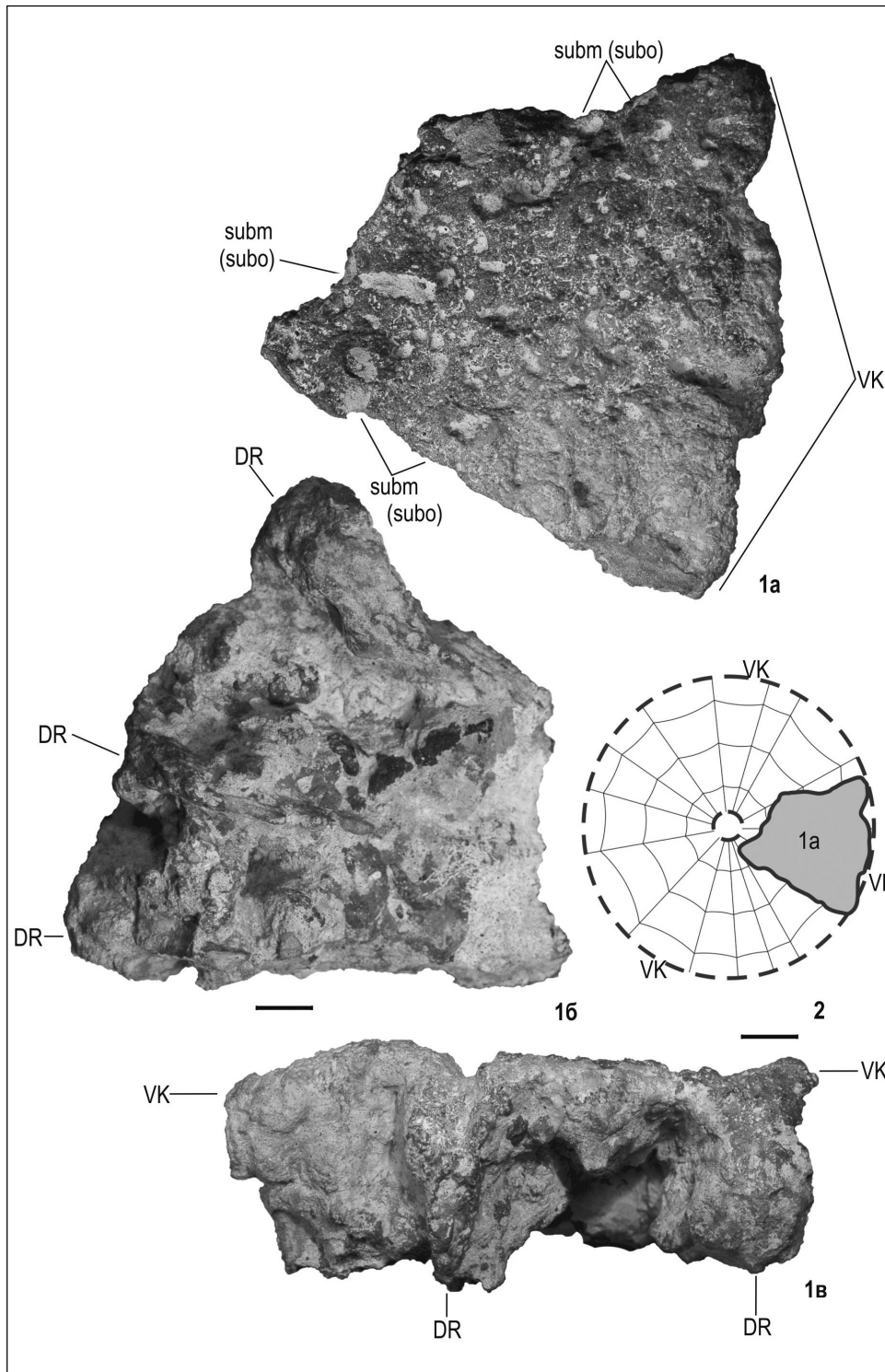


Фототаблица 1

Фиг. 1. *Ventriculites* (*Contubernium*) *ochevi* Pervushov, 1998. Экз. РЕМ, № 121/28: скелет полной сохранности: 1а – сверху, 1б – снизу, 1в – сбоку, 1г – по диагонали сверху, 1д – половина верхней части скелета с оскулюмом в центре и два concentрических ряда субмодулей; г. Саратов. Сантон. Условные обозначения: О – оскулюмом, VK – верхний край, F – основание скелета, subm – субмодуль, subo – субоскулюмом. Длина масштабной линейки 10 мм.



Фототаблица 2

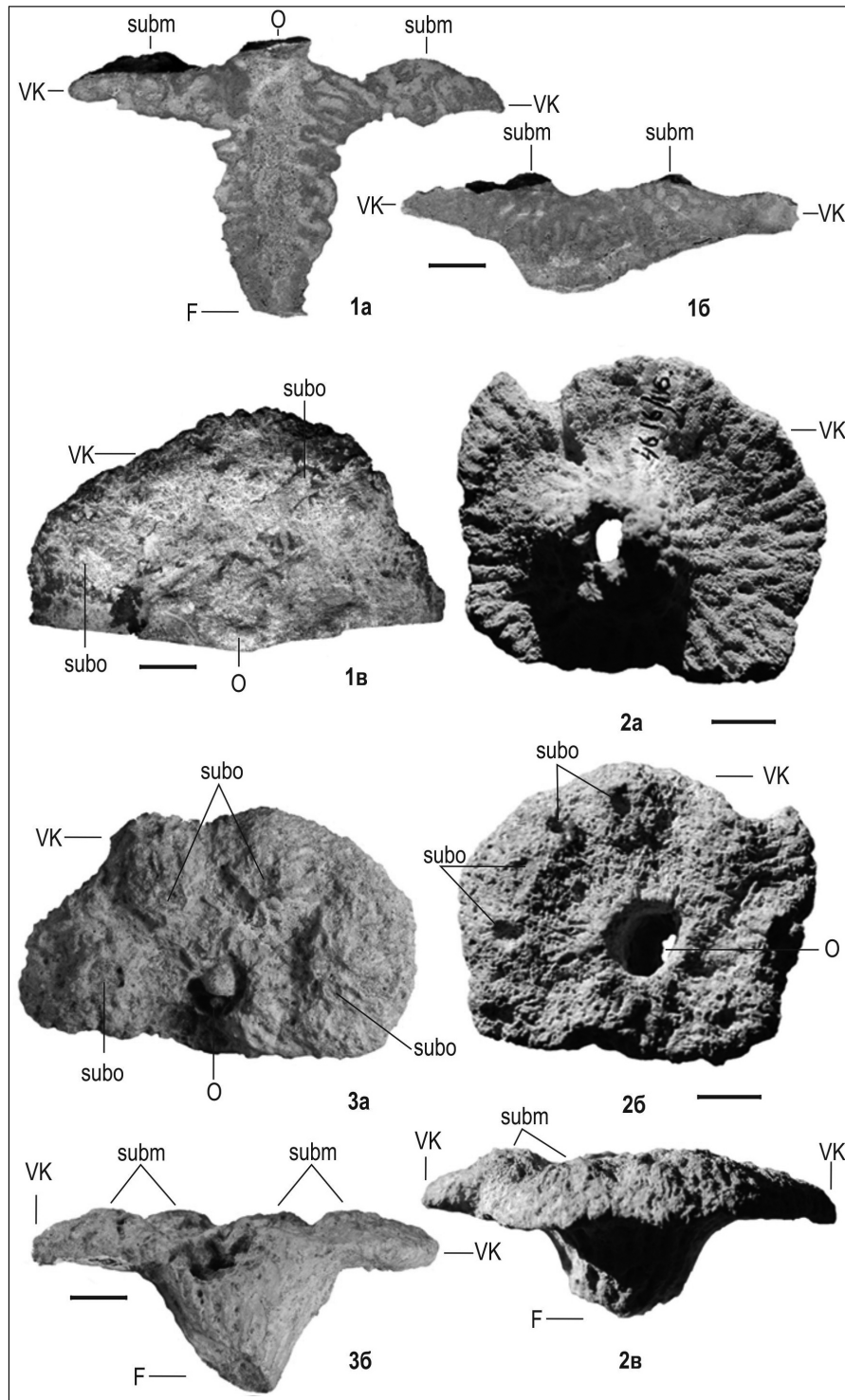


Фототаблица 2

Фиг. 1. *Ventriculites (Contubernium) sp. ind.* Экз. РЕМ, № 121/2442: фрагмент сектора горизонтального отворота: 1а – сверху, оскулярные отверстия субмодулей, 1б – снизу, радиальные протяженные ризоидные выросты, 1в – сбоку, верхний край с ризоидными выростами; г. Саратов, местонахождение «Заплатиновка». Нижний сантон. Фиг. 2. *Ventriculites (Contubernium) sp. ind.* Экз. РЕМ, № 121/2442: реконструкция скелета и положение представленного на фиг. 1 его фрагмента (серое), вид сверху; г. Саратов, местонахождение «Заплатиновка». Нижний сантон. Условные обозначения: DR – дополнительные ризоидные выросты, VK – верхний край, subm (subo) – субмодуль (субоскулом). Длина масштабной линейки 10 мм.



Фототаблица 3

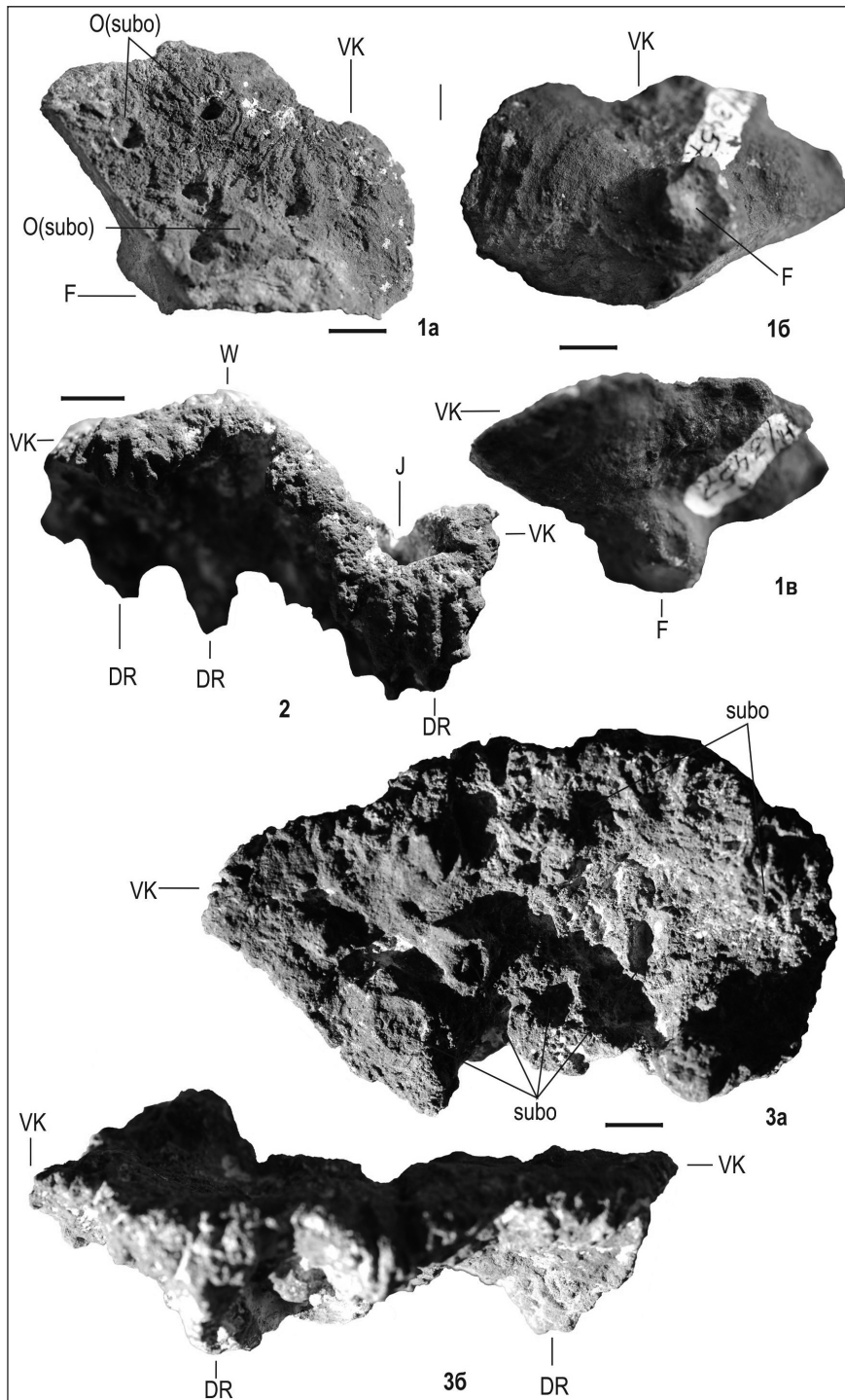


Фототаблица 3

Фиг. 1. *Ventriculites (Contubernium) ochevi* Pervushov, 1998. Экз. РЕМ, № 122/1278: скелет без вмещающей породы: 1а – продольный аншлиф, стенка бокала с поперечными каналами, 1б – аншлиф стенки выше отверстия, 1в – сегмент отверстия стенки сверху; г. Саратов. Нижний сантон. Фиг. 2. *Ventriculites (Contubernium) ochevi* Pervushov, 1998. Экз. РЕМ, № 121/1951: 2а – снизу, 2б – сверху, 2в – сбоку; г. Саратов, местонахождение «Заплатиновка». Нижний сантон. Фиг. 3. *Ventriculites (Contubernium) ochevi* Pervushov, 1998. Экз. РЕМ, № 121/1885: 3а – сверху, 3б – сбоку; Саратовская область, местонахождение «Карамышка». Нижний сантон. Условные обозначения: О – оскулюм, VK – верхний край, F – основание скелета, subm – субмодуль, subo – субоскулюм. Длина масштабной линейки 10 мм.



Фототаблица 4

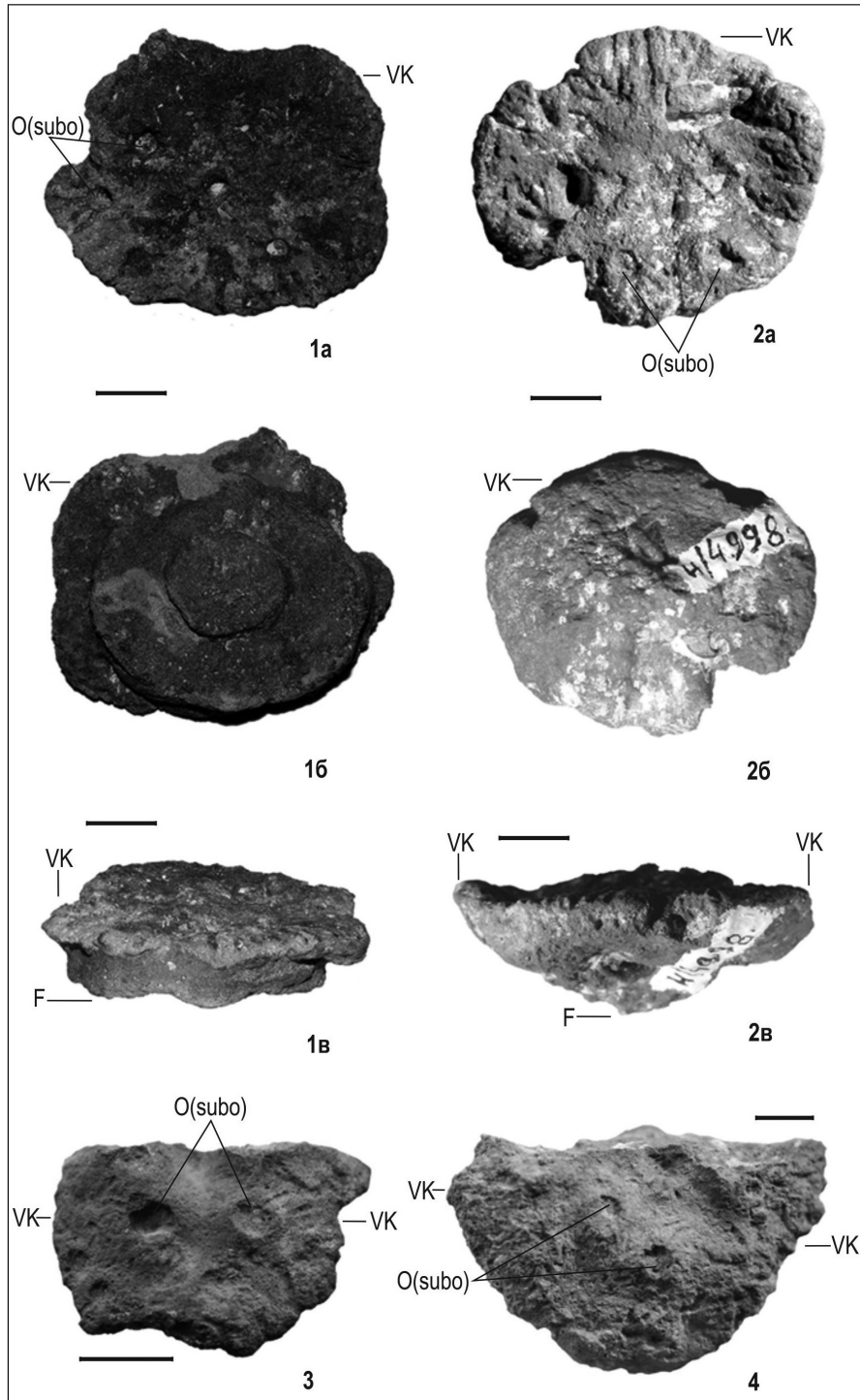


Фототаблица 4

Фиг. 1. *Hexactinosa insertae sedis*. Экз. РЕМ, № 122/3457: фрагментированный скелет: 1а – сверху, 1б – сбоку, 1в – снизу; Саратовская область, местонахождение «Озерки-1». Нижний сантон. Фиг. 2. *Ventriculites (Contubernium) sp. ind.* Экз. РЕМ, № 122/4942: фрагмент скелета, сегмент горизонтального отворота стенки сбоку, вид на верхний край; Саратовская область, местонахождение «Озерки-3». Нижний сантон. Фиг. 3. *Ventriculites (Contubernium) sp. ind.* Экз. РЕМ, № 122/5979: сегмент горизонтального отворота стенки: 3а – сверху, 3б – сбоку, вид на верхний край; Саратовская область, местонахождение «Карамышка». Нижний сантон. Условные обозначения: DR – дополнительные ризоидные выросты, J – желоба, O (subo) – оскулом (субоскулом), VK – верхний край, F – основание скелета, W – валики, subo – субмодуль. Длина масштабной линейки 10 мм.



Фототаблица 5



Фототаблица 5

Фиг. 1. *Hexactinosa insertae sedis*. Экз. РЕМ, № 122/5999: скелет полной сохранности с пережимками: 1а – сверху, 1б – снизу; 1в – сбоку; Саратовская область, местонахождение «Озерки-3». Нижний сантон. Фиг. 2. *Hexactinosa insertae sedis*. Экз. РЕМ, № 122/4998: 2а – сверху, 2б – снизу, 2в – сбоку; Саратовская область, местонахождение «Озерки-2». Нижний сантон. Фиг. 3. *Hexactinosa insertae sedis*. Экз. РЕМ, № 122/5759: фрагмент скелета, вид сверху; Саратовская область, местонахождение «Озерки-2». Нижний сантон. Фиг. 4. *Hexactinosa insertae sedis*. Экз. РЕМ, № 122/7521: фрагмент скелета, вид сверху; Саратовская область, местонахождение «Озерки-4». Нижний сантон. Условные обозначения: О (subo) – оскулюм (субоскулюм), VK – верхний край, F – основание скелета. Длина масштабной линейки 10 мм.



Вершина»; г. Саратов: Лысая гора, «Заплатиновка», «Карьер завода силикатного кирпича»; Волгоградская область: «Мирошники».

Библиографический список

1. *Первушов Е. М.* Позднемеловые вентрикулитидные губки Поволжья // Труды / НИИ геологии Саратовского университета. 1998. Т. 2. 168 с.
2. *Первушов Е. М.* Состав и структура семейства Ventriculitidae (Porifera, Hexactinellida) // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2019. Т. 19, вып. 1.

С. 49–62. DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2019-19-1-49-62>

3. *Первушов Е. М.* Перифронтальные формы модульных гексактинеллид // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2012. Т. 12, вып. 1. С. 56–66.
4. *Первушов Е. М.* Проявления почкования среди позднемеловых скелетных губок – гексактинеллид // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2010. Т. 10, вып. 1. С. 51–64.
5. *Первушов Е. М.* Морфотипы и модульная организация позднемеловых гексактинеллид (Porifera, Hexactinellida). Саратов : Издательство Саратовского университета, 2018. 208 с.

Образец для цитирования:

Первушов Е. М. Contubernium Ochevi (Porifera, Hexactinellida) // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2019. Т. 19, вып. 4. С. 267–278. DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2019-19-4-267-278>

Cite this article as:

Pervushov E. M. Contubernium Ochevi (Porifera, Hexactinellida). *Izv. Saratov Univ. (N. S.), Ser. Earth Sciences*, 2019, vol. 19, iss. 4, pp. 267–278 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2019-19-4-267-278>



УДК 564:551.76(470.3)

Новые палеонтолого-стратиграфические данные по рязанскому региоярсу в разрезах на р. Ока (Центральная Россия)

О. С. Урман, Б. Н. Шурыгин, О. С. Дзюба

Урман Ольга Сергеевна, научный сотрудник, Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН, Новосибирск, UrmanOS@ipgg.sbras.ru

Шурыгин Борис Николаевич, член-корреспондент РАН, доктор геолого-минералогических наук, заведующий лабораторией, Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН, Новосибирск, профессор, Новосибирский государственный университет, ShuryginBN@ipgg.sbras.ru

Дзюба Оксана Сергеевна, доктор геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник, Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН, Новосибирск, DzyubaOS@ipgg.sbras.ru

Полполнена палеонтологическая характеристика рязанского региояруса (нижняя часть нижнего мела) в разрезах страторегiona (бассейн р. Ока в окрестностях г. Рязань, Центральная Россия) на основе исследования головоногих и двустворчатых моллюсков. Полученные сведения важны для анализа стратиграфического положения в суббореальных разрезах таксонов, известных в Арктике, и последующей качественной разработки зонального уровня шкал по белемнитам и бухиям приграничного юрско-мелового интервала Русской плиты.

Ключевые слова: рязанский региоярус, белемниты, двустворчатые моллюски, Русская плита, биостратиграфия.

New Paleontological and Stratigraphic Data on the Ryazanian Regiostage in the Oka River Sections (Central Russia)

O. S. Urman, B. N. Shurygin, O. S. Dzyuba

Olga S. Urman, <https://orcid.org/0000-0003-0795-8767>, Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, 3 Academician Koptuyug Av., Novosibirsk 630090, Russia, UrmanOS@ipgg.sbras.ru

Boris N. Shurygin, <https://orcid.org/0000-0001-5512-7509>, Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, 3 Academician Koptuyug Av., Novosibirsk 630090, Russia, Novosibirsk National Research State University, 2 Pirogova St., Novosibirsk 630090, Russia, ShuryginBN@ipgg.sbras.ru

Oksana S. Dzyuba, <https://orcid.org/0000-0003-1523-8153>, Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, 3 Academician Koptuyug Av., Novosibirsk 630090, Russia, DzyubaOS@ipgg.sbras.ru

Based on the study of cephalopods and bivalves, the paleontological characteristics of the Ryazanian (lowermost Lower Cretaceous) sections were supplemented in the stratoregion located in the Oka River Basin near Ryazan, Central Russia. The data obtained are important



for the analysis of the stratigraphic position in subboreal sections of taxa known in the Arctic, and the subsequent qualitative development of the zonal level of scales for belemnites and buchias of the Jurassic-Cretaceous boundary interval of the Russian Plate.

Keywords: Ryazanian regiostage, belemnites, bivalves, Russian Plate, biostratigraphy.

DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2019-19-4-279-290>

Введение

Разрезы в бассейне р. Ока привлекали внимание палеонтологов еще с конца XIX в. Особое внимание всегда уделялось рязанскому региоярсу (=рязанский горизонт во многих публикациях), корреляция которого с разновозрастными отложениями в Арктике наиболее проблематична. Между тем разрезы Русской плиты, содержащие на отдельных уровнях представителей тетических фаун, являются ключом к решению проблем бореально-тетических корреляций на биостратиграфической основе. Некоторыми исследователями биостратиграфии переходного юрско-мелового интервала предполагалось наличие перерыва на Русской плите между волжским и рязанским региоярусами [1, 2 и др.]. Впоследствии прилагались усилия к поиску доказательств того, что этот перерыв не был сколько-нибудь значительно выражен, в частности, на территории Рязанской области [3, 4]. К настоящему времени как будто бы удалось найти разрез в Ярославской области, позволяющий «нарастить» зональную аммонитовую последовательность верхнего подъяруса волжского региояруса сверху (выше зоны *Craspedites nodiger*) [5, 6], что, однако, вызвало дискуссию [7], которая до сих пор не пришла к завершению. В то же время известны попытки дополнить снизу зональную последовательность рязанского региояруса (ниже зоны *Riasanites rjasanensis*) [8, 9]. На существование биостратиграфического пробела между зонами *Craspedites nodiger* и *Riasanites rjasanensis*, по всей видимости, указывают и С-хемостратиграфические данные [10].

Следовательно, вопрос о непрерывном или с перерывом в одну-две аммонитовые зоны (по сравнению с сибирской зональной последовательностью) строения разреза приграничных волжско-рязанских отложений на Русской плите остается открытым. Высокая степень конденсированности слоев рязанского региояруса на Русской плите, небольшая мощность разрезов и присутствие в



них многочисленных седиментационных пере­рывов привели к тому, что стратиграфическое положение находок аммонитов, используемых в качестве индексов бореальных и суббореальных аммонитовых зон, в Центральной России обычно трудно определимо. Отчасти именно этими обстоя­тельствами можно объяснить противоречия в публикациях. С одной стороны, присутствуют утверждения о нахождении первых представите­лей *Riasanites* ниже первых находок *Hectoroceras* [3, 4], а с другой – в пяти-семисантиметровом прослое в низах рязанского региояруса обнару­жены первые находки *Hectoroceras* ниже первых *Riasanites* [8, 9]. Сомнительность выводов о по­следовательности аммонитовых зон, сделанных на этой основе, мы подробно обсуждали в [11]. Неоднозначны и представления об объеме родов *Hectoroceras* и *Shulginites*, что также порой при­водит к небесспорным выводам [12].

Таким образом, решение вопроса о стра­тиграфическом положении нижних горизонтов рязанского региояруса в Центральной России по аммонитам до сих пор является предметом дис­куссии. В то же время рязанские отложения со­держат многочисленные раковины двустворчатых моллюсков, среди которых наиболее изобильны представители рода *Buchia* (*Buchiidae*), бореаль­ные зональные скалы по которым разработаны В. А. Захаровым [13] и с успехом применяются для расчленения и корреляции приграничных толщ юры и мела в бореальных разрезах. Неред­ки здесь и представители бореального семейства белемнитов – *Cylindroteuthididae*. Биостратоны по этой группе головоногих моллюсков являются относительно новым инструментом для панборе­альной корреляции приграничных юрско-меловых отложений [14–16]. Именно эти группы макро­фоссилий стали основным объектом наших ис­следований при изучении рязанского региояруса

в стратотипической местности (страторегione) – окрестностях Рязани (рис. 1).

Результаты предшествующих исследований

Отложения рязанского возраста в бассейне р. Ока впервые упоминаются в печати в 1888 г. С. Н. Никитиным как своеобразные маломощные слои в окрестностях Рязани [17]. Немного позже исследование этих отложений дало основание Н. А. Богословскому выделить «рязанский гори­зонт» [18]. С тех пор рязанский горизонт в бас­сейне р. Ока изучался многими исследователями, но наиболее комплексно до 80-х годов прошлого столетия [3, 19–22 и др.].

На Русской плите рязанские отложения, осо­бенно в области их типового развития (бассейн р. Ока, окрестности г. Рязань), имеют небольшую мощность, которая часто не превышает 1 м. Не­смотря на обилие в данных отложениях аммони­тов, пере­мы­вы, чрезвычайная невыдержанность и быстрое выклинивание отдельных слоев на­столько затрудняют их расчленение, что установ­ление в этих условиях даже последовательности отдельных биостратиграфических зон крайне сложно и часто субъективно, а вертикальное рас­пространение в них отдельных видов аммонитов весьма дискуссионно [4, 23].

Комплексное палеонтолого-стратиграфи­ческое исследование рязанского региояруса в окрестностях Рязани проведено М. С. Месежни­ковым с соавторами [3], которыми по результатам полевых работ 1976 г. изучен и описан ряд разре­зов: Чевкино, Дурненки, Черная речка, Костино, Кузьминское. В этих разрезах установлены зоны *Riasanites rjasanensis* и *Surites tzikwinianus*. Для зоны *Riasanites rjasanensis* предложено обособле­ние трех горизонтов, на основе чего впоследствии обособлены три зоны (*R. rjasanensis* и *Garniericeras*



Рис. 1. Расположение основных разрезов рязанского региояруса на р. Ока, Центральная Россия: черные кружочки – местоположение изученных разрезов



subclypeiforme, *R. rjasanensis* и *Hectoroceras kochi*, *R. rjasanensis* и *Surites spasskensis*), позволяющие детализировать расчленение рязанского региояруса и сопоставить его с одновозрастными образованиями севера России и Англии [4, 24]. При описании разрезов страторегиона В. А. Захаровым приведены послонные комплексы представителей рода *Buchia* и проведен предварительный анализ их стратиграфического распространения в описанных разрезах [3]. Позже эти результаты были использованы им в капитальной монографии, посвященной бореальным бухидам [13], и в ряде других публикаций.

Собранные в 1976 г. В. Н. Саксом и Т. И. Нальняевой белемниты не изучались. Однако определения В. Н. Сакса, выполненные в ходе анализа более ранних коллекций этих фоссилий из лектостратотипа рязанского горизонта (разрез между селениями Никитино и Чевкино, вблизи Цыквино), содержатся в ряде работ [2, 20, 21]. В списках фауны из рязанских отложений страторегиона белемниты упоминались и ранее [18, 19, 25 и др.]. В работах наших предшественников указывались *Acroteuthis mosquensis*, *A. subquadratus*, *Liobelus russiensis*, *L. uralensis*, *L. prolateralis* и *L. lateralis*.

В последующие годы разрезы в бассейне р. Ока неоднократно посещал В. В. Митта, но изучались при этом только аммониты, другие группы фауны оставались неохваченными [8, 9, 26, 27 и др.]. В настоящей статье принимается зональный ранг биостратона *Surites spasskensis*, обоснованный данным исследователем [12, 27]. Соответственно при описании изученных разрезов мы руководствовались разделением рязанского региояруса на три зоны по аммонитам: *Riasanites rjasanensis*, *Surites spasskensis* и *Surites tzikwinianus*. Следует подчеркнуть, что подошва аммонитовой зоны *Surites spasskensis* в настоящей статье принимается по появлению представителей рода *Surites*, включая вид-индекс. Нижележащие «слои с *Riasanites*», не содержащие *Surites*, прежде выделяемые М. С. Месежниковым в низах «зоны *Riasanites rjasanensis* и *Surites spasskensis*» [4], интерпретируются нами как верхи зоны *Riasanites rjasanensis*.

Материал и описание разрезов

Основным материалом для данной статьи послужила коллекция образцов, собранная нами в 2012–2013 гг. из разрезов Никитино, Дурненки и Серебрянка («Черная речка») Рязанской области, хотя поиски рязанского региояруса велись также близ д. Чевкино, городища Старая Рязань и на участке Костино–Кузьминское (см. рис. 1). В разрезах Костино, судя по остаткам шурфов предыдущих исследователей, выходы рязанского региояруса в настоящее время практически полностью размыты (вероятно, вследствие паводков). Скорее всего, та же судьба постигла и разрезы вблизи с. Кузьминское. Коренных вы-

ходов обнаружить здесь не удалось, весь берег сильно задернован. Собранный коллекция макрофоссилий насчитывает порядка 200 образцов. В распоряжении авторов данной статьи оказалась также прежде не распакованная коллекция ростворов белемнитов (порядка 190 обр.) из сборов В. Н. Сакса и Т. И. Нальняевой 1976 г. по разрезам Никитино (овраг Подосинки), Чевкино, Дурненки и Черная речка. Белемниты определены О. С. Дзюба, двустворки, гастроподы и брахиоподы – О. С. Урман и Б. Н. Шурыгиным.

При описании разреза Никитино использовались материалы и нумерация слоев по В. В. Митта [8, 27], для разрезов Дурненки и Серебрянка приведена наша нумерация слоев, однако описание разрезов соизмерялось с материалами М. С. Месежникова и др. [3, 4]. Сведения об обнаруженных нами комплексах макрофауны приведены без упоминания находок аммонитов, поскольку последние не привносят новых данных.

Разрез Никитино вскрыт на правом берегу р. Ока ниже д. Никитино (54°21'12.0"N, 40°24'25.7"E), где в береговом оползне обнажена ненарушенная последовательность слоев рязанского региояруса, который залегает на глинах оксфордского яруса (рис. 2).

Зона *Riasanites rjasanensis*

Слой 1. Алеврит темный зеленовато-серый с глауконитом. В основании слоя – линзовидные скопления белемнитов, редкие стяжения фосфоритов и галька; в кровле слоя – линзовидные скопления белемнитов. Двустворки: *Buchia fischeriana*, *B. volgensis* (вид представлен единственным экземпляром без точной привязки к конкретному уровню слоя), *Hartwellia (Tealbya) sp. ind.*, *Lima (Limatula) consobrina*, *Pleuromya sp. ind.*; белемниты: *Acroteuthis mosquensis*, *Liobelus cf. russiensis*. Мощность 0.5 м.

Зона *Surites spasskensis*

Слой 2. Песчаник зеленовато-бурый, глауконитовый, крепко сцементированный. Двустворки: *Buchia fischeriana*, *B. volgensis*, *B. okensis*, *B. jasikovi*, *Pleuromya uniformis*, *Entolium nummulare*, *Gresslya sp. ind.*, *Hartwellia (Tealbya) sp. ind.*, *Meleagrinnella sp. ind.*, *Modiolus sp. ind.*, *Camptonectes sp. ind.*, *Ctenostreon sp. ind.*; белемниты: *Acroteuthis mosquensis*, *Liobelus cf. russiensis*, в овраге Подосинки также *Acroteuthis arctica* (без точной привязки к конкретному уровню слоя); брахиоподы: *Rhynchonellidae* и *Terebratulidae*. Мощность 0.2 м.

Слой 3. Конгломерат фосфоритовый, состоящий из буровато-коричневых фосфоритовых стяжений, погруженных в ожелезненный песчаноглинистый цемент («плита»). Двустворки: *Buchia volgensis*, *B. jasikovi*, *B. tolmatshowi*, *Pleuromya sp. ind.*, *Hartwellia (Tealbya) sp. ind.*, *Modiolus sp. ind.*, *Meleagrinnella sp. ind.*, *Gresslya sp. ind.*; белемниты: *Acroteuthis arctica*, *Liobelus sp. ind.* (низ), *Acroteuthis explanatoides* (верх), в овраге Подосинки к данному слою приурочены также

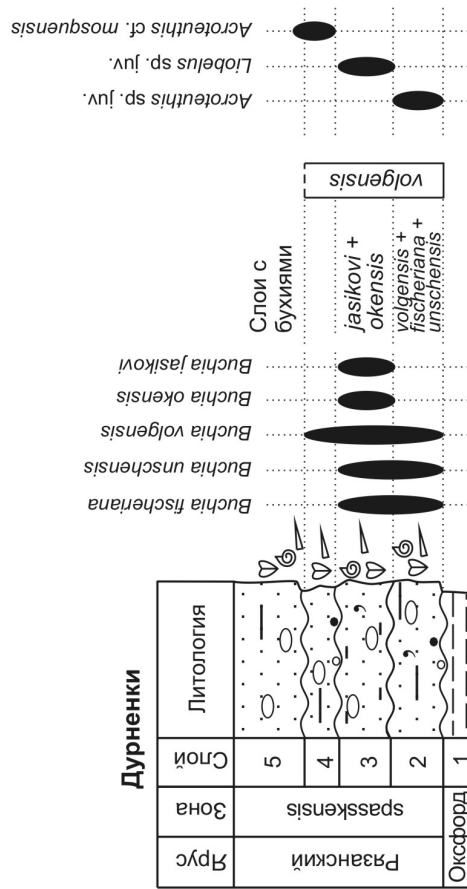
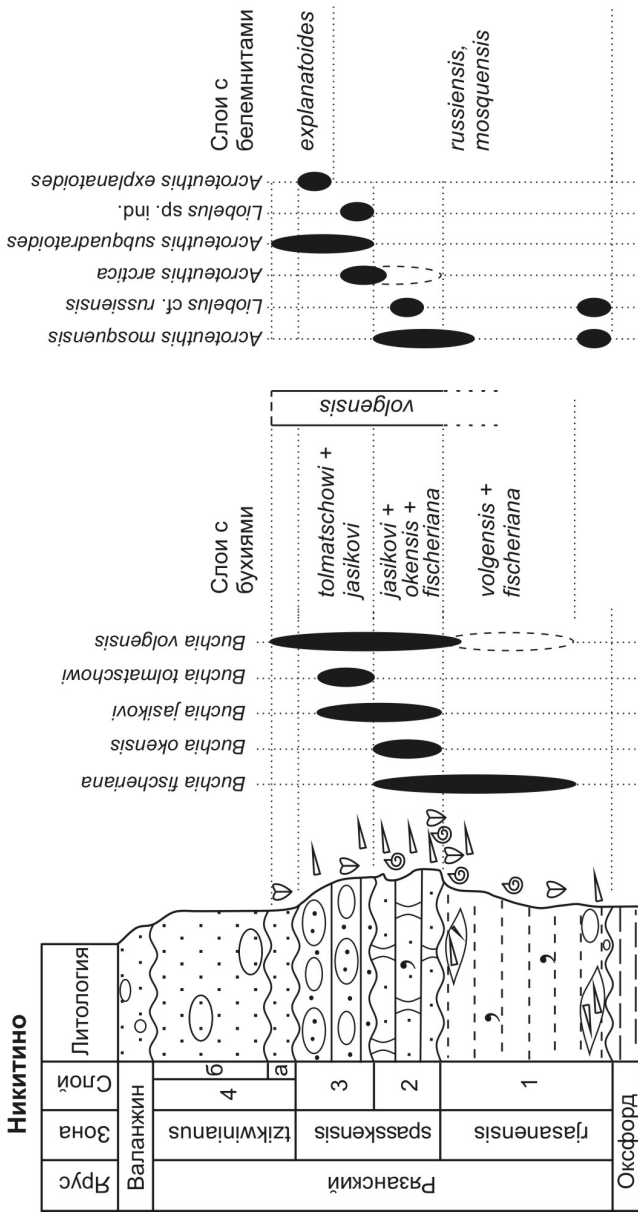
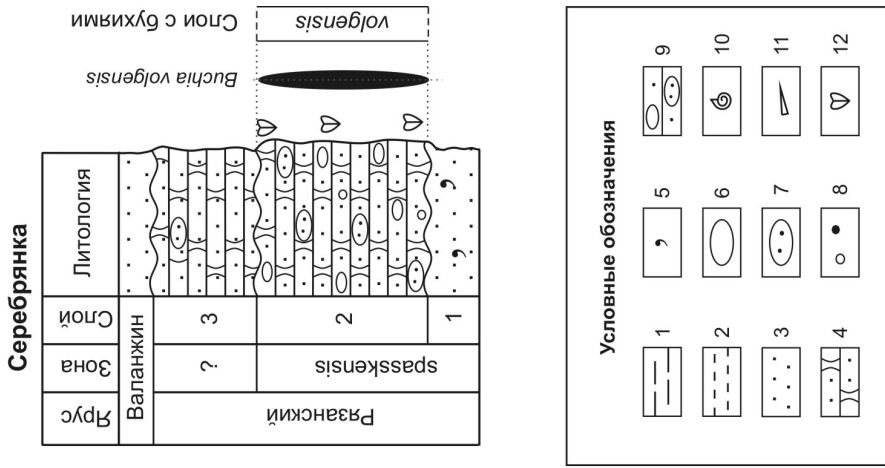


Рис. 2. Распространение бужий и белемитов в изученных разрезах рязанского региона, вскрытого по р. Ока: 1 – глины, 2 – алевроиты, 3 – пески, 4 – песчаники, 5 – глауконит, 6 – стяжения фосфорита, 7 – стяжения песчаника, 8 – галька и гравий, 9 – конгломерат фосфоритовый («плита»), 10 – аммониты, 11 – белемиты, 12 – двустворки



находки *A. subquadratooides*. Мощность 0.2–0.4 м.

Зона Surites tzikwinianus

Слой 4 разделен на два прослоя.

Прослой 4а. Песок табачно-зеленый неоднородной плотности. Двустворки: *Buchia volgensis*; белемниты (овраг Подосинки): *Acroteuthis subquadratooides*. Мощность 0.1 м.

Прослой 4б. Песок желтый со стяжениями песчаника. Макрофауна не обнаружена. Мощность 0.3 м.

Разрез Дурненки расположен на правом борту оврага (близ устья), на окраине одноименного селения (54°23'04.8"N, 40°25'13.7"E). Рязанские отложения залегают на черных глинах оксфорда (слой 1) видимой мощностью 0.2 м.

Зона Surites spasskensis

Слой 2. Песок глинистый, темно-зеленовато-серый, глауконитовый, с очень редкими стяжениями фосфоритизированного песчаника и гравийными зернами. В подошве – галька (диаметром 2–3 см) черная. Двустворки: *Buchia fischeriana*, *B. unshensis*, *B. volgensis*, *Gonomya* sp. ind.; белемниты: *Acroteuthis* sp. juv. Мощность 0.15 м.

Слой 3 (= нижняя часть слоя 3 по [3, 4]). Песок алевритистый, комковатый, зеленовато-серый, глауконитовый, с частыми стяжениями фосфоритизированного песчаника (диаметром 2–7 см). Двустворки: *Buchia fischeriana*, *B. unshensis*, *B. volgensis*, *B. okensis*, *B. jaskovi*, *Oxytoma* cf. *articostata*, *Entolium nummulare*, *Astarte* sp. ind., *Camptonectes* sp. ind., *Chlamys* sp. ind.; белемниты: *Liobelus* sp. juv.; брахиоподы. Мощность 0.15 м.

Слой 4 (= средняя часть слоя 3 по [3, 4]). Песок слабоглинистый, буровато-черный, со стяжениями фосфоритизированного песчаника (диаметром 2–3 см), с галькой и гравийными зернами. Двустворки: *Buchia volgensis*, *Oxytoma* cf. *articostata*, *Entolium nummulare*, *Camptonectes* sp. ind., *Arctica* sp.; белемниты: *Acroteuthis* cf. *mosquensis*; гастроподы. Мощность 0.1 м.

Слой 5 (= верхняя часть слоя 3 по [3, 4]). Песок глинистый, желтовато-зеленовато-бурый, со стяжениями фосфоритов (диаметром от 2 до 15 см). Макрофауна: обломки раковин головоногих (*Acroteuthis* cf. *mosquensis* в основании) и двустворчатых моллюсков. Видимая мощность 0.2 м.

С более высокого уровня разреза, отвечающего слою фосфоритового конгломерата – так называемой «плите» (слой 4 по [3, 4]), по сборам В. Н. Сакса и Т. И. Нальняевой 1976 г. определен белемнит *Acroteuthis subquadratooides*. Этот слой, а также приграничные рязанско-валанджинские слои (слой 5–7 по [3]) нами не наблюдались.

Разрез Серебрянка расположен на правом борту оврага, образованного ручьем Серебрянка, нередко ошибочно именуемого Черной речкой, между селениями Шатрище и Казаково (54°23'29.8"N, 40°25'18.2"E). Мы используем название Серебрянка, поскольку М. С. Месежниковым и др. [3, 4] описан разрез, расположенный непосредственно под городищем Старая Рязань.

Разрез рязанского региояруса вскрыт в 40 м ниже плотины верхнего пруда.

Зона Surites spasskensis

Слой 1. Песок зеленовато-черно-серый, глауконитовый, с желто-зелеными пятнами ярозита. Макрофауна не обнаружена. Мощность 0.15 м.

Слой 2. Песчаник с многочисленными зеленовато-серыми и зеленовато-черными стяжениями фосфоритизированного песчаника и галькой, конгломератовидный («плита»). Двустворки: *Buchia volgensis*, *Oxytoma* sp. ind., *Entolium* sp. ind., *Camptonectes* sp. ind. Бухии образуют скопления в подошве и кровле слоя. На присутствие белемнитов указывают отверстия от растворенных ростров. Мощность 0.5 м.

Зона не определена

Слой 3. Песчаник желтовато-рыжий крепко-цементированный, местами бурый, со стяжениями фосфоритизированного песчаника (диаметром 2–3 см). Макрофауна не обнаружена. Мощность 0.3 м.

Выше залегают желтовато-рыжие пески, вероятно, валанджина, видимой мощности порядка 1.0 м.

По сборам В. Н. Сакса и Т. И. Нальняевой 1976 г. в нижней части зоны *Surites spasskensis* разреза Черная речка (слой 2, инт. 0.7–1.70 м от подошвы слоя по [3]) определены белемниты: *Acroteuthis arctica*, *A. mosquensis*, *Liobelus russiensis*. В разрезе Чевкино белемниты представлены таксонами *Acroteuthis arctica*, *A. cf. mosquensis* (слой 2) в самых верхах зоны *Riasanites rjasanensis*; *A. arctica* (слой 3), *A. arctica* и *A. subquadratooides* (основание слоя 4 «плита») в зоне *Surites spasskensis*.

Новые данные по таксономическому составу бухий и белемнитов и биостратиграфические выводы

В разрезах Никитино, Дурненки, Серебрянка в рязанском региоярсе наблюдаются смешанные комплексы бухиевых зон, выделяемых в стандартной для бореальных разрезов последовательности параллельно бухиазоне *volgensis* [13, 28, 29] (см. рис. 2).

В аммонитовой зоне *Riasanites rjasanensis* разреза Никитино (слой 1) многочисленны *Buchia fischeriana*. Здесь же (без точной привязки к уровню в слое) найдена единственная раковина *B. volgensis*. Далее, вверх по разрезу нет четко выраженной последовательности в смене комплексов бухий смежных бухиазон стандартной бореальной шкалы. Так, в нижней части зоны *Surites spasskensis* (слой 2) – это смешанный комплекс бухий, содержащий виды-индексы бухиазон *volgensis*, *okensis* и *jaskovi*, а в верхней части той же аммонитовой зоны (слой 3 «плита») комплекс бухий состоит из видов-индексов бухиазон *volgensis*, *jaskovi* и *tolmatschowi*



(фототабл. 1). Выше, в низах аммонитовой зоны *Surites tzikwinianus* (слой 4а), наблюдаем только *B. volgensis*. Иными словами, в изученном разрезе можно обособить бухиазону *volgensis*, охватывающую зону *Surites spasskensis* и приграничные слои смежных аммонитовых зон. Нижняя часть данного биоостратона (бухиазоны *okensis* + *jasikovi*) наиболее зримо представлена в слое 2, а верхняя (бухиазоны *jasikovi* + *tolmatschowi*) – в слое 3.

В разрезе Дурненки в низах зоны *Surites spasskensis* (слой 2) найдены *Buchia unshensis*, *B. fischeriana*, *B. volgensis*, немного выше (слой 3) к ним добавляются виды-индексы бухиазон *okensis*–*jasikovi* (см. фототабл. 1), еще выше (слой 4, подошва слоя 5) остается только *B. volgensis*. Таким образом, и в этом разрезе мы наблюдаем только бухиазону *volgensis*, по-видимому, нижнюю ее часть (бухиазоны *okensis* + *jasikovi*), отвечающую «доплитной» части аммонитовой зоны *Surites spasskensis* ранее вскрытого здесь разреза [3, 4].

В разрезе Серебрянка макрофауна найдена только в пределах конгломератовидного песчаника («плита»), содержащего многочисленные фосфоритизированные стяжения и отвечающего в страторегионе рязанского региояруса верхней части зоны *Surites spasskensis* [3, 4], – это немногочисленные *Buchia volgensis*. Соответственно можно считать, что и в данном разрезе представлена только бухиазона *volgensis*.

Исходя из изложенного, следует заключить, что положение нижней и верхней границ суббореальной аммонитовой зоны *Surites spasskensis* относительно бореального зонального стандарта в разрезах страторегиона рязанского региояруса точно зафиксировать невозможно в силу смешанного характера комплекса фауны, на что отчетливо указывают бухии. Поэтому при определении уровня положения данных границ следует опираться на разрезы в других регионах. Так, известно, что бухиазона *okensis* отвечает средней и верхней частям бореальной аммонитовой зоны *Nectoroceras kochi*, тогда как бухиазона *jasikovi* – основанию бореальной аммонитовой зоны *Surites analogus*, а бухиазона *tolmatschowi* – большей части зоны *Surites analogus* и перекрывающей ее зоне *Wojarkia mesezhnikowi* [13, 28, 30]. Представители *Surites spasskensis* в Сибири появляются в средней части зоны *Nectoroceras kochi*, в слоях с *Borealites constans*, и исчезают в кровле зоны *Surites analogus* [31]. При этом, в частности в бассейне р. Боярка, самые нижние находки *Buchia okensis*, судя по имеющимся данным [32], приурочены даже к более высокому интервалу зоны *Nectoroceras kochi* по сравнению с таковыми *Surites spasskensis*. Следовательно, наиболее вероятной представляется корреляция зоны *S. spasskensis* с интервалом от средней части зоны *Nectoroceras kochi* до зоны *Surites analogus* включительно, учитывая также, что интервал рассматриваемой суббореальной зоны содержит все необходимые для этого элементы стандартной бореальной бухиевой шкалы.

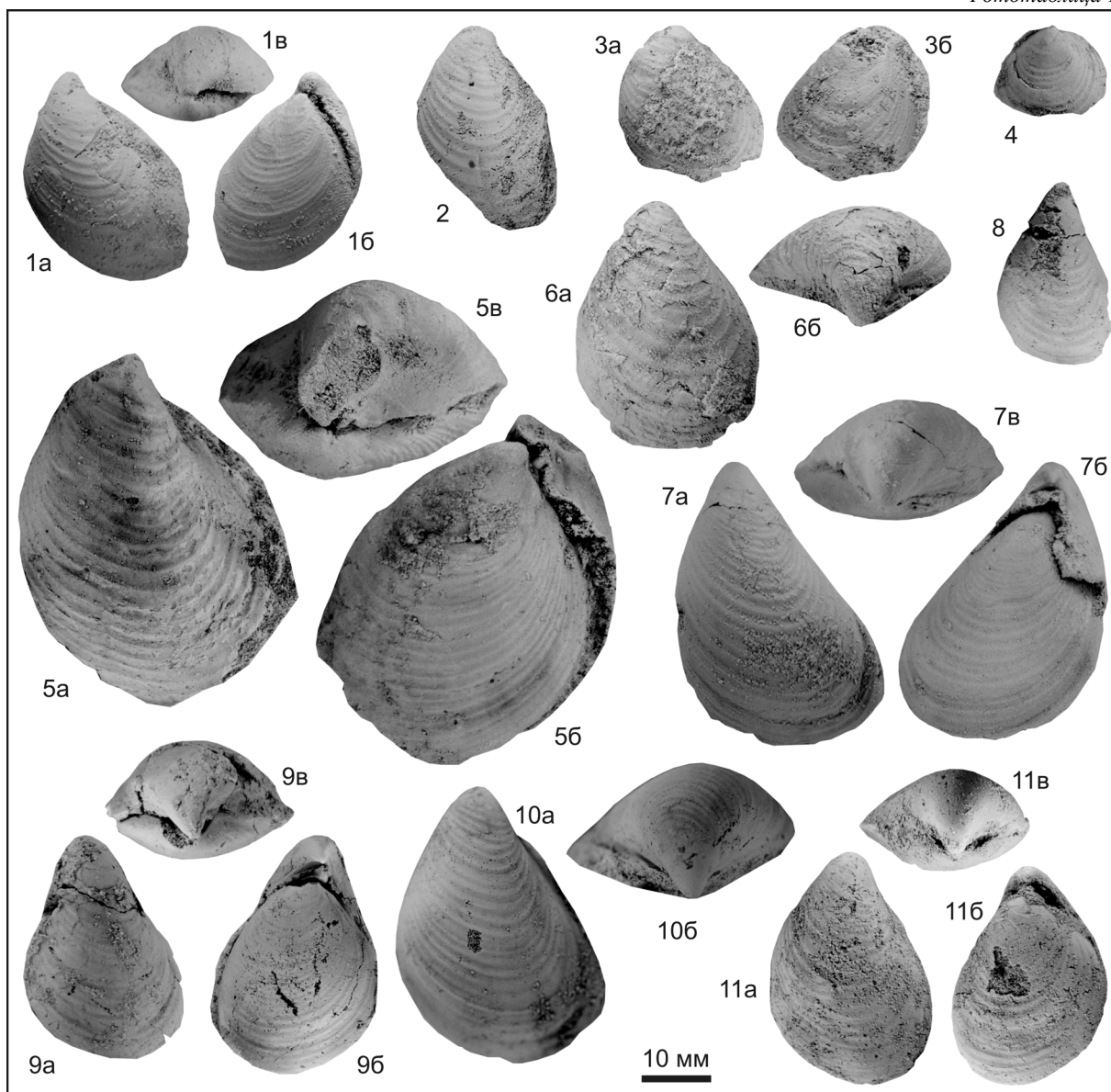
Прежде особенности вертикального распространения вида *Buchia okensis* в рязанских отложениях в бассейне р. Ока установлены не были, а раковины вида *B. jasikovi* зачастую определялись под другими названиями, например *B. uncitoides* [3]. Тем не менее типовой экземпляр *B. jasikovi* происходит именно из страторегиона рязанского региояруса, будучи найденным в одном из разрезов в окрестностях Старой Рязани [33]. Вид *B. tolmatschowi* обнаружен нами впервые, но встречается здесь очень редко.

Белемниты во всех изученных разрезах представлены двумя родами цилиндротеутидид – *Acroteuthis* и *Liobelus*. Следует отметить, что установленный видовой состав белемнитов существенно отличается от перечней в работах предшественников (см. выше). Во многом это объясняется большим количеством мелкогабаритных ростров, принадлежавших молодым и совсем юным особям, что весьма характерно для рязанского региояруса, особенно для нижней его половины. Таксономическая интерпретация мелких экземпляров всегда крайне затруднена в силу значительной схожести близкородственных видов белемнитов на ранних стадиях развития. Так, например, около 150 ростров, происходящих из нижней части зоны *Surites spasskensis* разреза Черная речка, представлены мелкими формами видов *Acroteuthis arctica*, *A. mosquensis* и *Liobelus russiensis*, и только один ростр (*L. russiensis*) из того же местонахождения имеет относительно крупный размер (фототабл. 2, 3). В зоне *Riasanites rjasanensis* (Никитино, Чевкино), где белемниты в целом редки (14 экз. в нашем распоряжении), не найдено ни одного крупного экземпляра. Большая часть изученных ростров происходит из зоны *Surites spasskensis* (Никитино, Дурненки, Чевкино, Черная речка) – порядка 210 экз., из которых только 14 экз. являются сравнительно крупными. Наконец, в низах зоны *Surites tzikwinianus* (Никитино) найдены два ростра – крупный и мелкий.

Имеющиеся в нашем распоряжении крупные экземпляры разных видов позволили проконтролировать идентификацию молодежи (см. фототабл. 2, 3). Два ростра небольшого размера, к тому же плохой сохранности, происходящие из разреза Никитино и по предварительному определению отнесенные к *Liobelus lateralis* [34], в настоящей статье переопределены как *L. cf. russiensis* (см. фототабл. 3, фиг. 1). Вид *L. lateralis*, как это ни странно, в изученных местонахождениях не встречен. По крайней мере, среди взрослых форм нет ни одного типичного представителя данного вида, могущего подтвердить его присутствие в рязанском региояресе страторегиона. В целом же в изученных разрезах преобладают представители рода *Acroteuthis*, в появлении которых вверх по разрезу наблюдается определенная последовательность: *A. mosquensis* (преимущественно суббореально-европейский вид, как и *Liobelus russiensis*) – *A. arctica* (вид, характерный как для



Фототаблица 1

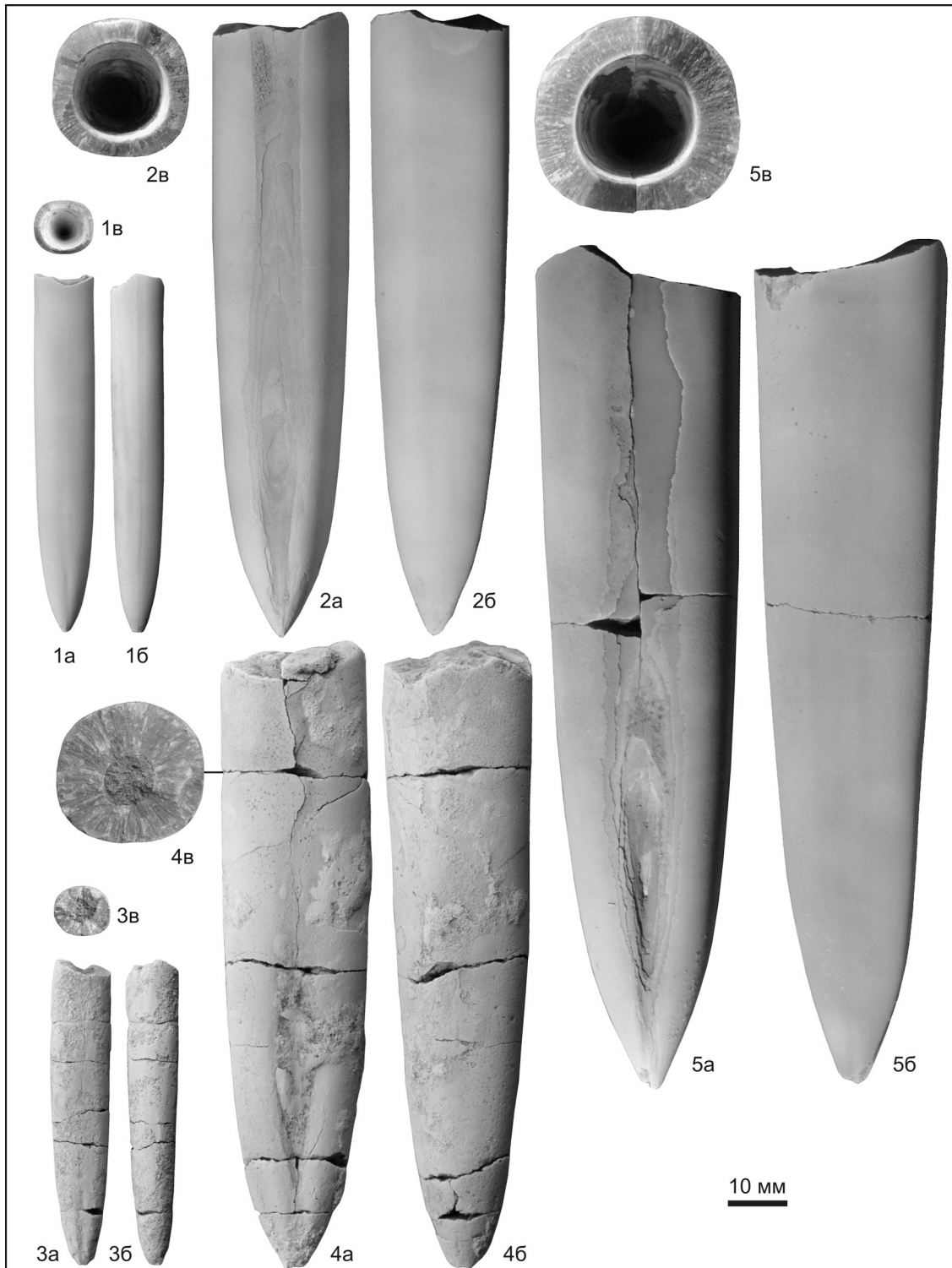


Фототаблица 1. Бухии рязанского региоярса в страторегионе

Фиг. 1, 2. *Buchia fischeriana* (d'Orbigny, 1845): 1 – экз. 2095/1, а – вид со стороны левой створки, б – вид со стороны правой створки, в – вид со стороны макушек; Никитино, сл. 2; 2 – экз. 2095/2, вид со стороны левой створки; Дурненки, сл. 2.
 Фиг. 3, 4. *Buchia unshensis* (Pavlow, 1907): 3 – экз. 2095/3, а – вид со стороны левой створки, б – вид со стороны правой створки; Дурненки, сл. 2; 4 – экз. 2095/4, вид со стороны правой створки; Дурненки, сл. 3.
 Фиг. 5, 6. *Buchia okensis* (Pavlow, 1907): 5 – экз. 2095/5, а – вид со стороны левой створки, б – вид со стороны правой створки, в – вид со стороны макушек; Никитино, сл. 2; 6 – экз. 2095/6, а – вид со стороны левой створки, б – вид со стороны макушек; Дурненки, сл. 3.
 Фиг. 7, 8. *Buchia jasikovi* (Pavlow, 1907): 7 – экз. 2095/7, а – вид со стороны левой створки, б – вид со стороны правой створки, в – вид со стороны макушек; Никитино, сл. 2; 8 – экз. 2095/8, вид со стороны левой створки; Дурненки, сл. 3.
 Фиг. 9. *Buchia tolmatschowi* (Sokolow, 1908): экз. 2095/9, а – вид со стороны левой створки, б – вид со стороны правой створки, в – вид со стороны макушек; Никитино, сл. 3 «плита».
 Фиг. 10, 11. *Buchia volgensis* (Lahusen, 1888): 10 – экз. 2095/10, а – вид со стороны левой створки, б – вид со стороны макушек; Никитино, сл. 2; 11 – экз. 2095/11, а – вид со стороны левой створки, б – вид со стороны правой створки, в – вид со стороны макушек; Дурненки, сл. 3.
 Образцы, изображенные на фототабл. 1–3, хранятся в ЦКП «ГЕОХРОН» при Институте нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН (Новосибирск), коллекция № 2095.



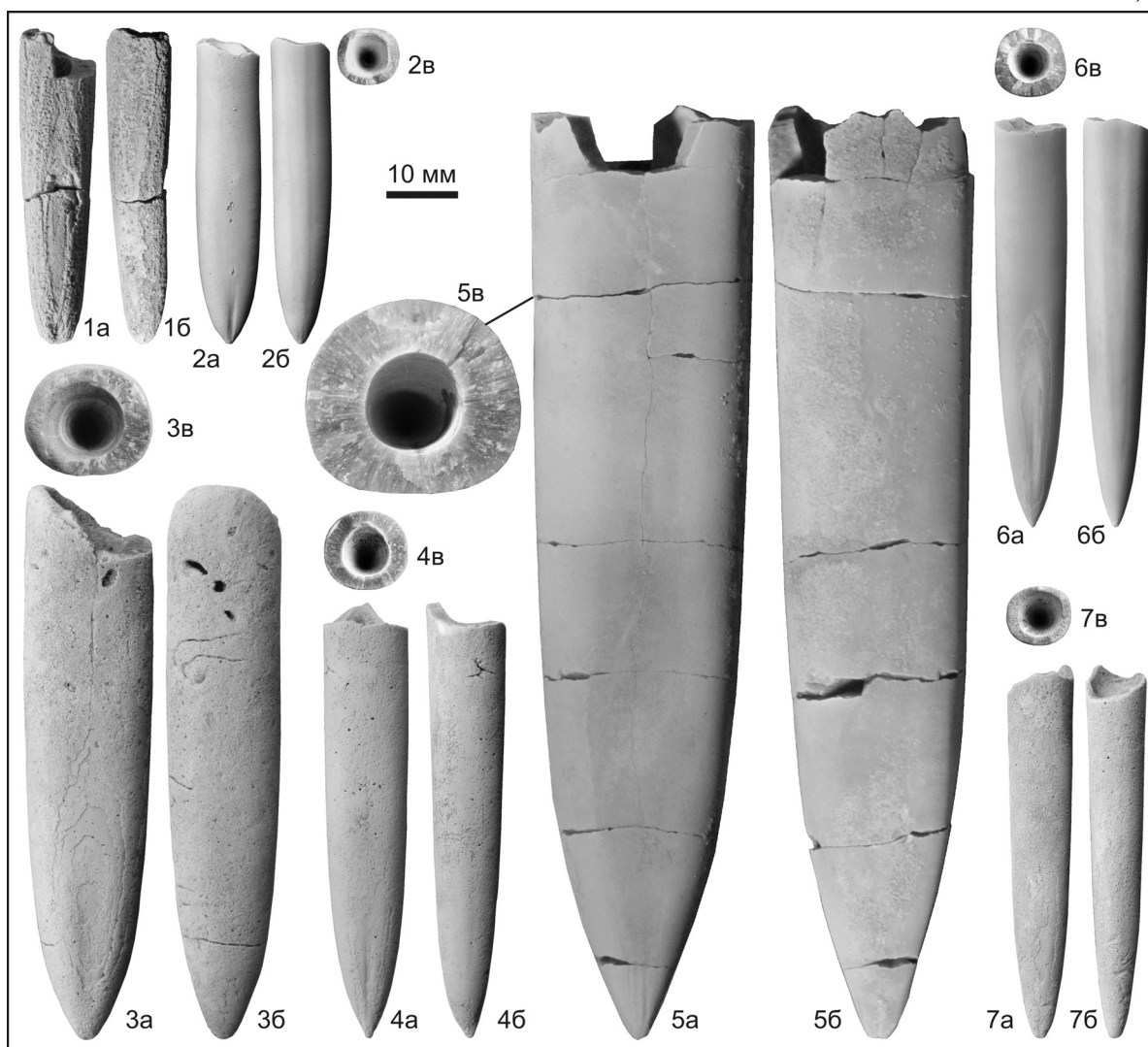
Фототаблица 2



Фототаблица 2. Белемниты (*Acroteuthis*) рязанского региояруса в страторегионе
Фиг. 1, 2. *Acroteuthis arctica* Blüthgen, 1936: а – вид с брюшной стороны, б – вид с правой стороны, в – поперечное сечение у переднего края; 1 – экз. 2095/19; Черная речка, сл. 2, инт. 100–170 м; 2 – экз. 2095/20; Никитино, сл. 3 «плита».
Фиг. 3, 4. *Acroteuthis subquadratoidea* Swinerton, 1936: а – вид с брюшной стороны, б – вид с правой стороны, в – поперечное сечение у переднего края (3в) и в альвеолярной части (4в); Дурненки, «плита» (сл. 4 по [3, 4]); 3 – экз. 2095/21; 4 – экз. 2095/22.
Фиг. 5. *Acroteuthis explanatoidea* (Pavlow, 1892): экз. 2095/23, а – вид с брюшной стороны, б – вид с правой стороны, в – поперечное сечение у переднего края; Никитино, сл. 3 «плита», верхняя часть.



Фототаблица 3



Фототаблица 3. Белемниты (*Liobelus* и *Acroteuthis*) рязанского региояруса в страторегионе

Фиг. 1. *Liobelus* cf. *russiensis* (d'Orbigny, 1845): экз. 2095/12, а – вид с брюшной стороны, б – вид с правой стороны; Никитино, основание сл. 1.

Фиг. 2, 3. *Liobelus russiensis* (d'Orbigny, 1845): а – вид с брюшной стороны, б – вид с правой стороны, в – поперечное сечение у переднего края; 2 – экз. 2095/13; Черная речка, сл. 2, инт. 100–170 м; 3 – экз. 2095/14; Черная речка, сл. 2, инт. 70–100 м.

Фиг. 4–7. *Acroteuthis mosquensis* (Pavlow, 1892): а – вид с брюшной стороны, б – вид с правой стороны, в – поперечное сечение у переднего края (кроме 5в – поперечное сечение в альвеолярной части); 4 – экз. 2095/15; Черная речка, сл. 2, инт. 100–170 м; 5 – экз. 2095/16; Никитино, сл. 2; 6 – экз. 2095/17; Черная речка, сл. 2, инт. 70–100 м; 7 – экз. 2095/18; Черная речка, сл. 2, инт. 70–100 м.



суббореально-европейских, так и арктических разрезов) – *A. subquadratooides* – *A. explanatooides* (два последних – типично суббореально-европейские виды). Виды *A. arctica*, *A. subquadratooides* и *A. explanatooides* установлены здесь впервые. За исключением *A. mosquensis* и *Liobelus russiensis*, остальные виды являются сугубо нижнемеловыми таксонами, но об особенностях их вертикального распространения за пределами рассматриваемого региона известно еще немного. Поэтому мы ограничились выделением региональных белемнитовых слоев с *russiensis* и *mosquensis*, а также слоев с *explanatooides*, по предварительным данным обособленным в разрезе Кашпир Среднего Поволжья [35] (см. рис. 2).

Примечательно, что уровень первого появления вида *Acroteuthis arctica*, хорошо известного в арктических разрезах, особенно в валанжине, в разрезе рязанского региояруса страторегии приходится на самые верхи зоны *Riasanites rjasanensis* – «слои с *Riasanites*» (Чевкино), прежде выделяемые здесь в низах зоны *Riasanites rjasanensis* и *Surites spasskensis* [4]. Данное наблюдение представляется важным в свете известной условности стратиграфического положения находок в рязанском региоярусе страторегии представителей рода аммонитов *Hectoroceras* [3, 36], также широко распространенного в арктических разрезах. Не исключено, что расширение ареалов обитания *Acroteuthis arctica* и *Hectoroceras* произошло в одно и то же время. Однако данный вопрос требует дальнейшего исследования, и прежде всего в разрезах рязанских отложений бассейна р. Печора (север европейской части России), откуда известны оба таксона [37, 38].

Помимо бухий и белемнитов, нами найдены аммониты, гастроподы, брахиоподы и представительный комплекс небухийных двустворок (см. описание разрезов выше). Судя по наиболее полному (из изученных нами) разрезу Никитино максимальное таксономическое разнообразие в страторегии рязанского региояруса наблюдается в бухиазоне *volgensis* в пределах аммонитовой зоны *Surites spasskensis*.

Заключение

Несмотря на сильную конденсированность рязанского региояруса страторегии и невозможность четко обособить последовательность стандартных для бореальных разрезов бухиазон, хорошо видно, что во всех изученных разрезах в более или менее полном объеме прослеживается бухиазона *volgensis*. Иногда ее удается дифференцировать, обозначив присутствие разных частей этой бухиазоны. С учетом современных представлений о стандартной последовательности бухиазон в бореальных разрезах, которая хорошо увязана с последовательностью аммонитовых зон, можно прийти к выводу, что суббореальная аммонитовая зона *Surites spasskensis* сопоставима

со средней частью зоны *Hectoroceras kochi* – зоной *Surites analogus* бореальной аммонитовой шкалы. Результаты исследований белемнитов согласуются со этим заключением. В изученных нами разрезах, как и вообще в страторегии рязанского региояруса, судя по работам наших предшественников, представители *Buchia inflata* пока не обнаружены. Следовательно, можно полагать, что самая верхняя часть бореальной бухиазоны *volgensis*, характеризующаяся в северосибирских разрезах совместным нахождением *B. volgensis* и *B. inflata*, здесь не идентифицируется и даже может отсутствовать.

В результате проведенных исследований пополнена палеонтологическая характеристика рязанского региояруса Центральной России. Полученные сведения можно использовать для анализа стратиграфического положения в суббореальных разрезах таксонов, известных в Арктике. Виды *Buchia tolmatschowi* (двустворки), *Acroteuthis arctica*, *A. subquadratooides* и *A. explanatooides* (белемниты) установлены в рязанском региоярусе страторегии впервые. Изложенная в статье информация по парастратиграфическим группам макрофоссилий и фотоиллюстрации являются важной частью процесса разработки зональных бухиевых и белемнитовых шкал приграничных юрско-меловых отложений Русской плиты. В последующем планируется публикация фактического материала по тем же группам фауны из разрезов Московской области (Лопатинский фосфоритный рудник), Среднего Поволжья (Городищи, Кашпир), а также исследование других разрезов.

Благодарности

Авторы признательны В. А. Захарову, предоставившему данные из своего полевого дневника 1976 г., что способствовало поиску конкретных местонахождений и взаимной увязке описаний разрезов, а также В. В. Митта, ознакомившего нас со строением разреза близ д. Никитино в период полевых работ 2012 г.

Работа выполнена при финансовой поддержке проекта фундаментальных научных исследований № 0331-2019-0004 «Палеонтология, стратиграфия, биогеография бореальных и смежных с ними палеобассейнов и комплексное обоснование усовершенствования региональных стратиграфических схем мезозоя и кайнозоя Сибири» и является вкладом в исследования по проекту IGCP 679.

Библиографический список

1. Casey R. The ammonite succession at the Jurassic–Cretaceous boundary in eastern England // Geological Journal. Special Issue. 1973. № 5. P. 193–266.
2. Сазонова И. Г. Аммониты пограничных слоев юрской и меловой систем Русской платформы. М.: Недра, 1977. 97 с.



3. Месежников М. С., Захаров В. А., Шульгина Н. И., Алексеев С. Н. Стратиграфия рязанского горизонта на р. Оке // Верхняя юра и граница ее с меловой системой. Новосибирск : Наука. Сиб. отд-ние, 1979. С. 71–81.
4. Месежников М. С. Зональное подразделение рязанского горизонта // Труды / ИГиГ СО АН СССР. 1984. Вып. 644. С. 54–66.
5. Атлас геологических памятников Ярославской области / Д. Н. Киселев, В. Н. Баранов, Е. С. Муравин, И. В. Новиков, А. Г. Сенников. Ярославль : ЯГПУ, 2003. 121 с.
6. Киселев Д. Н., Рогов М. А., Захаров В. А. Зона *Volgidiscus singularis* терминальной части волжского яруса европейской части России и её значение для межрегиональной корреляции и палеогеографии // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 2018. Т. 26, № 2. С. 87–114.
7. Mumta V. B. Поздневолжские *Kachpurites* Spath (*Craspeditidae*, *Ammonoidea*) Русской платформы // Палеонтологический журнал. 2010. № 6. С. 25–33.
8. Mumta V. B. Аммонитовые комплексы базальной части рязанского яруса (нижний мел) Центральной России // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 2007. Т. 15, № 2. С. 80–92.
9. Mumta V. B., Ша И. Особенности распространения аммонитов Центральной России на рубеже юры и мела // Палеонтологический журнал. 2011. № 4. С. 26–34.
10. Dzyuba O. S., Izokh O. P., Shurygin B. N. Carbon isotope excursions in Boreal Jurassic–Cretaceous boundary sections and their correlation potential // *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 2013. Vol. 381–382. P. 33–46.
11. Брагин В. Ю., Дзюба О. С., Казанский А. Ю., Шурыгин Б. Н. Новые данные по магнитостратиграфии пограничного юрско-мелового интервала п-ова Нордвик (север Восточной Сибири) // Геология и геофизика. 2013. Т. 54, № 3. С. 438–455.
12. Mitta V. V. The Ryazanian (basal Lower Cretaceous) standard zonation: state of knowledge and potential for correlation with the Berriasian primary standard // *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Abhandlungen*. 2017. Vol. 286, № 2. P. 141–157.
13. Захаров В. А. Бухиды и биостратиграфия бореальной верхней юры и неокома. М. : Наука, 1981. 271 с.
14. Дзюба О. С. Белемниты и биостратиграфия пограничных юрско-меловых отложений севера Восточной Сибири (новые данные по п-ову Нордвик) // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 2012. Т. 20, № 1. С. 62–82.
15. Дзюба О. С. Белемниты пограничного юрско-мелового интервала разрезов рек Маурьян и Ятрия (Западная Сибирь): биостратиграфическое значение и динамика таксономического разнообразия // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 2013. Т. 21, № 2. С. 61–87.
16. Дзюба О. С. Панбореальная корреляция пограничных юрско-меловых отложений по белемнитам // Меловая система России и ближнего зарубежья: проблемы стратиграфии и палеогеографии : материалы IX Всерос. совещания / под ред. Е. Ю. Барабошкина, Т. А. Липницкой, А. Ю. Гужикова. Белгород : ПОЛИТЕРРА, 2018. С. 121–124.
17. Никитин С. Н. Следы мелового периода в Центральной России // Труды / Геологический комитет. 1888. Т. 5, № 2. С. 1–205.
18. Богословский Н. А. Волжские, верхнетитонские и неокомские отложения в Рязанской губернии // *Материалы для геологии России*. 1895. Т. 17. С. 97–103.
19. Павлов А. П. О мезозойных отложениях Рязанской губернии. Отчет о геологической экскурсии, предпринятой летом 1893 г. // *Ученые записки / Императорский Московский университет. Отд. ест.-ист.* 1895. Вып. 11. С. 1–32.
20. Сазонова И. Г. Берриасские и нижневаланжинские аммониты Русской платформы // Труды / ВНИГНИ. 1971. Вып. 110. С. 148–157.
21. Граница юры и мела и берриасский ярус в Бореальном поясе / отв. ред. В. Н. Сакс. Новосибирск : Наука. Сиб. отд-ние, 1972. 371 с.
22. Блом Г. И., Кузнецова К. И., Месежников М. С. Экскурсия 060 «Пограничные слои юры и мела в Среднем Поволжье и Рязанской области» // 27-й Междунар. конгресс «Центральные районы европейской части РСФСР. Сводный путеводитель экскурсий 059, 060, 066». М. : Наука, 1984. С. 113–124.
23. Герасимов П. А. О берриасе и нижнем валанжине Русской платформы // Докл. АН СССР. 1971. Т. 198, № 5. С. 1156–1157.
24. Кейси Р., Месежников М. С., Шульгина Н. И. Аммонитовые зоны пограничных отложений юры и мела в Бореальной области // *Известия АН СССР. Сер. геол.* 1988. № 10. С. 71–84.
25. Pavlow A. On the classification of the strata between the Kimmeridgian and Aptian // *The Quarterly journal of the Geological Society of London*. 1896. Vol. 52. P. 542–555.
26. Mumta V. B. Аммониты тетического происхождения в рязанском ярусе Русской платформы : род *Riasanites* Spath // Палеонтологический журнал. 2008. № 3. С. 30–37.
27. Mumta V. B. Аммониты тетического происхождения в рязанском ярусе Русской платформы : роды *Transcaspiites* Lurrov и *Karasyazites* gen. nov. // Палеонтологический журнал. 2018. № 3. С. 25–32.
28. Захаров В. А., Богомолов Ю. И., Ильина В. И., Константинов А. Г., Курушин Н. И., Лебедева Н. К., Меледина С. В., Никитенко Б. Л., Соболев Е. С., Шурыгин Б. Н. Бореальный зональный стандарт и биостратиграфия мезозоя Сибири // Геология и геофизика. 1997. Т. 38, № 5. С. 927–956.
29. Урман О. С., Дзюба О. С., Кириллова Г. Л., Шурыгин Б. Н. Бухии и биостратиграфия пограничных юрско-меловых отложений в Комсомольском разрезе (Дальний Восток России) // *Тихоокеанская геология*. 2014. Т. 33, № 5. С. 34–46.
30. Никитенко Б. Л., Шурыгин Б. Н., Князев В. Г., Меледина С. В., Дзюба О. С., Лебедева Н. К., Пещевицкая Е. Б., Глинских Л. А., Горячева А. А., Хафаева С. Н. Стратиграфия юры и мела Анабарского района (Арктическая Сибирь, побережье моря Лаптевых) и бореальный зональный стандарт // Геология и геофизика. 2013. Т. 54, № 8. С. 1047–1082.
31. Игольников А. Е. Берриасские (рязанские) аммониты (краспедитиды и филлоцератиды) севера Восточной Сибири: морфология, систематика и биостратиграфические выводы : автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук. Новосибирск, 2019. 16 с.



32. Захаров В. А. Определение границы юрской и меловой систем по бухидам // Труды / ИГиГ СО АН СССР. 1990. Вып. 699. С. 115–128.
33. Pavlow A. P. Enchaînement des Aucelles et Aucellines du Crétacé Russe // Nouv. Mém. Soc. Natur. Moscou. 1907. Vol. 17. P. 1–93.
34. Урман О. С., Шурыгин Б. Н., Дзюба О. С. Новые данные по бухиям и белемнитам рязанского яруса бассейна р. Ока (Центральная Россия) // Меловая система России и ближнего зарубежья: проблемы стратиграфии и палеогеографии : сб. науч. тр. / под ред. Е. Ю. Барабошкина. Симферополь : Черноморпресс, 2016. С. 279–281.
35. Dzyuba O. S., Urman O. S., Shurygin B. N. Belemnites and bivalves from the Jurassic–Cretaceous boundary interval of the Kashpir section, Middle Volga Basin, Russia: implications for biostratigraphy and panboreal correlation // The International Scientific Conference on the Jurassic / Cretaceous boundary : Proc. volume. Togliatti : Kassandra, 2015. P. 36–41.
36. Кейси Р., Месежников М. С., Шульгина Н. И. Сопоставление пограничных отложений юры и мела Англии, Русской платформы, приполярного Урала и Сибири // Известия АН СССР. Сер. геол. 1977. № 7. С. 14–33.
37. Новое в стратиграфии пограничных между юрой и мелом слоев бассейна р. Печоры / М. С. Месежников, А. В. Гольберг, В. А. Захаров, И. Г. Климова, В. С. Кравец, В. Н. Сакс, Н. И. Шульгина, С. Н. Алексеев, С. П. Булыникова, В. И. Кузина, С. П. Яковлева // Верхняя юра и граница ее с меловой системой. Новосибирск : Наука. Сиб. отд-ние, 1979. С. 66–71.
38. Нальняева Т. И. Белемниты пограничных слоев юры и мела бассейна р. Печоры // Труды / ИГиГ СО АН СССР. 1984. Вып. 644. С. 144–150.

Образец для цитирования:

Урман О. С., Шурыгин Б. Н., Дзюба О. С. Новые палеонтолого-стратиграфические данные по рязанскому региостажу в разрезах на р. Ока (Центральная Россия) // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2019. Т. 19, вып. 4. С. 279–290. DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2019-19-4-279-290>

Cite this article as:

Urman O. S., Shurygin B. N., Dzyuba O. S. New Paleontological and Stratigraphic Data on the Ryazanian Regiostage in the Oka River Sections (Central Russia). *Izv. Saratov Univ. (N. S.), Ser. Earth Sciences*, 2019, vol. 19, iss. 4, pp. 279–290 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2019-19-4-279-290>
