



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

ИЗВЕСТИЯ САРАТОВСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

Новая серия

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



Научный журнал
2020 Том 20

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

Издается с 2006 года

СОДЕРЖАНИЕ

Научный отдел

География

Богданов М. Б., Червяков М. Ю.

Оценка импульсной передаточной характеристики земной климатической системы на столетнем интервале времени 226

Донбаева Г. Ч. Особенности трансграничных рек Центральной Азии (на примере Кыргызстана) 234

Новикова С. А., Щербакова И. В.

Загрязнение территории Прибайкальского национального парка выбросами от лесных пожаров 240

Пряхина С. И., Ормели Е. И.

Оценка степени благоприятности перезимовки озимых культур на территории Саратовской области 250

Шешнёв А. С., Ерёмин В. Н., Решетников М. В., Теслинова О. В.

Содержание подвижных форм тяжелых металлов в почвах на территории рекреационной зоны «Парк Победы» (Саратов) 256

Геология

Гужикова А. А., Первушов Е. М., Рябов И. П., Фомин В. А.

Магнитозона обратной полярности в туроне–коньяке северного окончания Доно-Медведицких дислокаций 262

Скрипников М. С., Ветлужских Л. И.

Крибрициаты нижнекембрийской олдындинской свиты (Западное Забайкалье) 278

Приложение

Personalia

Иванов А. В., Первушов Е. М., Новиков И. В., Попов Е. В.

Исследователь биogeосистем от палеозоя до современности: памяти палеонтолога и геозолога профессора М. Г. Миниха (1942–2019) 285

Журнал «Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия «Науки о Земле»» зарегистрирован 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

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)

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 Наталья Ивановна

Технический редактор
Каргин Игорь Анатольевич

Корректор
Малютина Елена Анатольевна

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 25.11.2020.
Подписано в свет 30.11.2020.
Формат 60x84 1/8.
Усл. печ. л. 8,6 (9,25).
Тираж 500 экз. Заказ 103-Т.
Цена свободная

Отпечатано в типографии Саратовского университета.
Адрес типографии:
410012, Саратов, Б. Казачья, 112А

© Саратовский университет, 2020



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 Impulse Response of Earth's Climate System at Century Time Interval 226

Donbaeva G.

Features of the Transboundary Rivers of Central Asia (on the Example of Kyrgyzstan) 234

Novikova S. A., Shcherbakova I. V.

Pollution of the Territory of the Pribaikalsky National Park by Emissions from Forest Fires 240

Pryakhina S. I., Ormeli E. I.

Evaluating the Degree of Favourable Overwintering of Winter Crops on the Territory of the Saratov Region 250

Sheshnev A. S., Eremin V. N.,

Reshetnikov M. V., Teslina O. V.

The Content of Mobile Forms of Heavy Metals in Soils in the Territory of the Recreation Zone «Victory Park» (Saratov) 256

Geology

Guzhikova A. A., Pervushov E. M.,

Ryabov I. P., Fomin V. A.

The Reversal Polarity Zone in Turonian-Coniacian of the Northern End of Dono-Medvediza Dislocations 262

Skripnikov M. S., Vetlujskih L. I.

Cribricyaths of the Lower Cambrian Oldynda Suite (Western Transbaikalia) 278

Appendices

Personalia

Ivanov A. V., Pervushov E. M.,

Novikov I. V., Popov E. V.

Eminent Phanerozoic Biosystematist: in Memory of Paleontologist and Geoecologist Professor Maxim G. Minikh (1942–2019) 286



**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:

Валашиц Иренеуш, действительный член Польской академии наук, профессор (Варшава, Польша)

Гужиков Андрей Юрьевич, доктор геол.-минерал. наук, профессор (Саратов, Россия)

Диденко Алексей Николаевич, доктор геол.-минерал. наук, член-корреспондент РАН (Хабаровск, Россия)

Калинин Николай Александрович, доктор геогр. наук, профессор (Пермь, Россия)

Коробов Александр Дмитриевич, доктор геол.-минерал. наук, профессор (Саратов, Россия)

Переведенцев Юрий Петрович, доктор геогр. наук, профессор (Казань, Россия)

Рыхлов Александр Богданович, доктор геогр. наук, профессор (Саратов, Россия)

Семенов Юрий Михайлович, доктор геогр. наук, профессор (Иркутск, Россия)

Хоецян Ашот Владимирович, доктор геогр. наук, профессор (Ереван, Армения)

Чумаченко Алексей Николаевич, доктор геогр. наук, профессор (Саратов, Россия)

Шурыгин Борис Николаевич, доктор геол.-минерал. наук, профессор, член-корреспондент РАН (Новосибирск, Россия)

Яковенко Наталия Владимировна, доктор геогр. наук, доцент (Воронеж, 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)

Nikolay A. Kalinin (Perm, Russia)

Aleksandr D. Korobov (Saratov, Russia)

Yurij P. Perevedentsev (Kazan, Russia)

Aleksandr B. Rikhlov (Saratov, Russia)

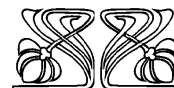
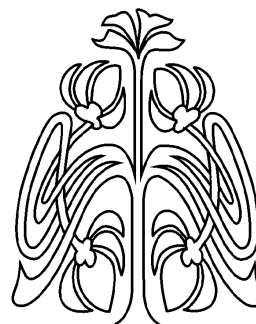
Yuriy M. Semenov (Irkutsk, Russia)

Ashot V. Khoetsyan (Erevan, Armenia)

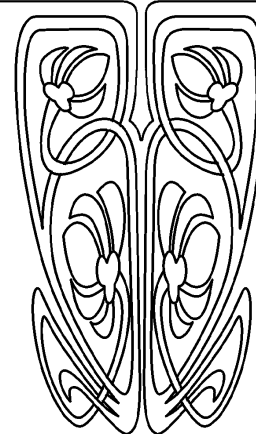
Aleksey N. Chumachenko (Saratov, Russia)

Boris N. Shurygin (Novosibirsk, Russia)

Nataliya V. Yakovenko (Voronezh, Russia)



**РЕДАКЦИОННАЯ
КОЛЛЕГИЯ**





ГЕОГРАФИЯ

УДК 551.58

Оценка импульсной передаточной характеристики земной климатической системы на столетнем интервале времени

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, заведующий кафедрой метеорологии и климатологии, Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, chervyakovmu@mail.ru

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 на столетнем интервале с использованием реконструированных данных о солнечной постоянной и глобальной температуре показано, что ее постоянная времени равна $32 \text{ года} \pm 14 \text{ лет}$. Чувствительность ЗКС к радиационному воздействию составляет $1.31 \pm 0.63 \text{ K}\cdot\text{Вт}^{-1}\cdot\text{м}^2$, а коэффициент положительной обратной связи – 4.4 ± 2.1 . Найденные значения характеристик ЗКС не противоречат данным, полученным осреднением по ансамблю моделей CMIP5.

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

Поступила в редакцию: 25.05.2020 / Принята: 21.09.2020 / Опубликовано: 30.11.2020

Статья опубликована на условиях лицензии Creative Commons Attribution License (CC-BY 4.0)

Estimation of Impulse Response of Earth's Climate System at Century Time Interval

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

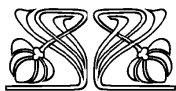
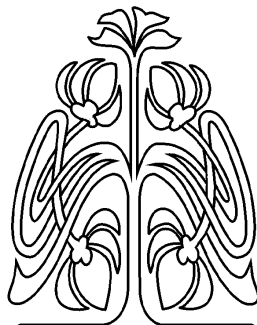
The Earth's climate system (ECS) is considered as a linear system whose input is the change in the solar constant, and whose output is the global mean near-surface temperature anomaly. As a result of the restoration of the impulse response at century time interval using reconstructed data on the solar constant and global temperature it was shown that its time constant is 32 ± 14 years. The sensitivity of the ECS to radiative forcing is $1.31 \pm 0.63 \text{ K}\cdot\text{W}^{-1}\cdot\text{m}^2$, and the positive feedback coefficient is 4.4 ± 2.1 . The found values of the characteristics of the ECS do not contradict the data obtained by averaging over the ensemble of CMIP5 models.

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

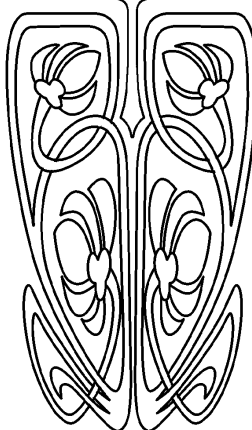
Received: 25.05.2020 / Accepted: 21.09.2020 / Published: 30.11.2020

This is an open access article distributed under the terms of Creative Commons Attribution License (CC-BY 4.0)

DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2020-20-4-226-233>



НАУЧНЫЙ
ОТДЕЛ





Введение

В настоящее время изучение проблемы глобального изменения климата основывается на расчетах сложных моделей общей циркуляции атмосферы и океана (МОЦАО) [1]. Для контроля этих моделей важны независимые оценки значения скорости реакции земной климатической системы (ЗКС) и ее чувствительности к внешнему радиационному воздействию на верхней границе атмосферы (ВГА) [2]. Подобные исследования предпринимались многими авторами. В работах [3–6] характеристики ЗКС находились путем сопоставления аномалии глобально осредненных значений приповерхностной температуры $\Delta T(t)$ с данными заатмосферных наблюдений изменения солнечной постоянной $\Delta I(t)$. Исследования [7–10] основывались на анализе выходного сигнала ЗКС – значений аномалии $\Delta T(t)$. При сопоставлении данных о $\Delta I(t)$ и $\Delta T(t)$ на больших интервалах времени использовались реконструированные значения [11,12].

В работе [5] была предложена методика восстановления импульсной передаточной характеристики $h(t)$ ЗКС, рассматриваемой как инвариантная во времени линейная система. Было предположено, что входом системы является изменение солнечной постоянной $\Delta I(t)$, а выходом – 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 . На основе данной методики нами были проанализированы инструментальные ряды среднемесячных значений $\Delta I(t)$ и $\Delta T(t)$, что позволило получить оценки $h(t)$ и характеристик ЗКС на интервалах времени длиной до 100 мес. [6]. Эти характеристики дают возможность рассчитать реакцию ЗКС на коротко временные изменения внешнего радиационного воздействия. Большой интерес представляет применение данной методики для оценки $h(t)$ на более продолжительных интервалах, хотя это и потребует использования реконструированных данных о $\Delta I(t)$ и $\Delta T(t)$ с неизбежным уменьшением надежности полученных результатов.

Целью настоящей статьи является восстановление импульсной передаточной характеристики ЗКС на столетнем интервале времени по реконструированным рядам данных об изменениях солнечной постоянной и глобальной температуры, а также получение информации о постоянной

времени, чувствительности к радиационному воздействию на ВГА и эффективной теплоемкости системы.

Методика восстановления импульсной передаточной характеристики

Детальное описание применяемой методики приведено в работах [5,6], а в данном разделе мы рассмотрим только основные положения.

Гипотеза о линейности ЗКС является вполне допустимой, так как изменения $\Delta I(t)$ и $\Delta T(t)$ (в абсолютной шкале) малы и составляют порядка десятой доли процента. Предположение случайного шума оправдывается тем, что внутренних факторов системы, способных повлиять на $\Delta T(t)$, достаточно много и они независимы друг от друга. Данное утверждение допускает проверку, результаты которой будут приведены ниже.

При сделанных предположениях все свойства ЗКС 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 $\Delta T(t)$ 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 , и соответственно заменим бесконечный верхний предел интеграла (1) 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, которая представляет собой фильтр низких частот, импульсная передаточная характеристика при $t \geq 0$ дается выражением

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

где τ – постоянная времени, а k – коэффициент усиления системы. Она представляет собой монотонно невозрастающую выпуклую вниз неотрицательную функцию. В случае если ЗКС состоит из нескольких параллельно включенных неза-



висимых систем первого порядка с разными значениями τ (моделирующих влияние атмосферы, суши и океана), результирующая характеристика $h(t)$ будет суммой спадающих экспонент, которая также принадлежит к указанному классу функций. 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:

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

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 описание 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.

Исходные данные

Для среднегодовых значений солнечной постоянной были использованы данные трех независимых реконструкций за интервал времени 1610–2000 гг.: Дж. Лин (Lean) [16, 17], Н. А. Кривовой (Krivova) и др. [18, 19] (версия марта 2018 г.) и Т. Егоровой (Egorova) и др. [20] (для солнечного модуляционного потенциала РНИ-МС17). Кривые изменения $\Delta I(t)$, полученные вычитанием средних значений рядов, показаны на рис. 1. Как видно из рис. 1, данные [20] демонстрируют большие падения инсоляции в минимумах Маундера и Дальтона по сравнению с двумя другими реконструкциями.

Для среднегодовых значений аномалии глобально осредненной приповерхностной температуры за тот же интервал времени был взят рекон-

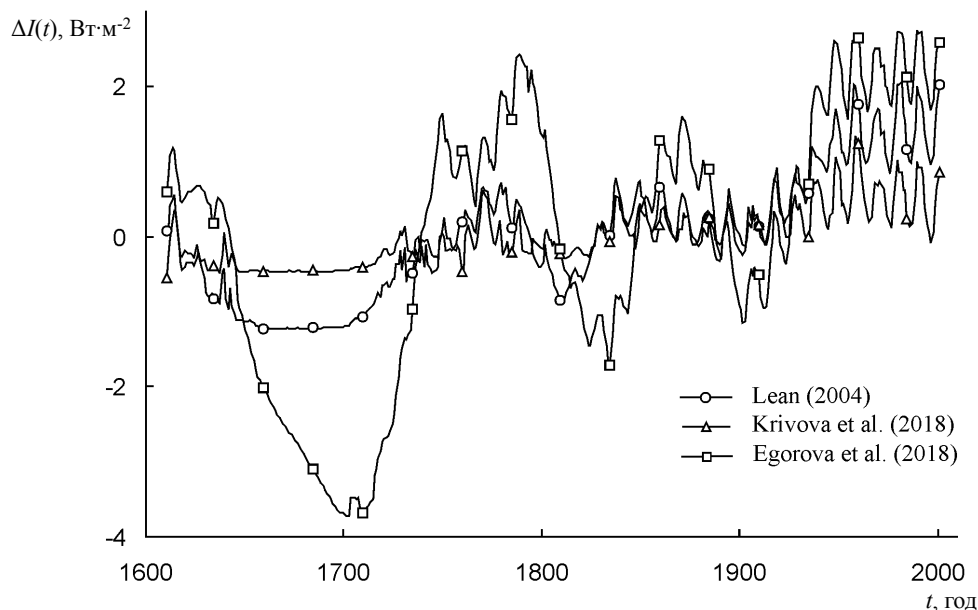


Рис. 1. Изменение солнечной постоянной по реконструированным данным разных авторов



струированный ряд М. Е. Манна (Mann) и др. [21]. Кривая изменения $\Delta T(t)$ приведена на рис. 2. На нем хорошо заметно повышение глобальной температуры, начавшееся приблизительно с начала XX века и связанное с увеличением радиационного воздействия в результате роста концентрации в земной атмосфере парниковых газов.

Как говорилось выше, нашей целью является получение импульсной передаточной характеристики ЗКС на столетнем интервале времени. Это означает, что при времени первого отсчета ряда $\Delta T(t)$ 1610.5 мы можем использовать изменения температуры $\Delta T(t)$ только с момента 1710.5. На длину этого ряда существует, однако, и ограничение сверху.

Совокупное воздействие факторов, влияющих на $\Delta T(t)$, рассматривается нами как случайный шум со средним значением, близким к нулю. В этом случае классический метод наименьших квадратов гарантирует несмещенную оценку. В реальности рост парникового эффекта в XX веке не компенсировался влиянием других факторов. Это нарушает наше предположение о шуме и, поскольку функционал невязки (2) является аналогом суммы квадратов отклонений, способно вызвать искажения восстановленной функции $h(t)$. Для устранения нарушения мы ограничились данными об изменениях температуры только в XVIII–XIX веках.

Подобное ограничение является вынужденной мерой и, естественно, влечет определенные потери. Прежде всего мы не сможем использовать наиболее надежные инструментальные данные о $\Delta I(t)$ и $\Delta T(t)$. Кроме того, возникает вопрос: будет ли найденная функция $h(t)$ описывать поведение ЗКС в XXI веке? С потерей информации придется примириться. В отношении поставленного

вопроса можно заметить, что $h(t)$ характеризует глобальную систему «атмосфера–суша–океан» и в отличие от концентрации в атмосфере парниковых газов не может существенно измениться за несколько столетий. По данным Дж. Хансена (Hansen) и др. [22], чувствительность ЗКС к радиационному воздействию в плейстоцене совпадает в пределах погрешности с современными оценками.

Полученные результаты

Мы провели восстановление $h(t)$ на столетнем интервале времени для всех трех реконструированных рядов солнечной постоянной. В каждом случае был достигнут точный минимум функционала (2). Минимальные значения невязок ρ_{\min} приведены в табл. 1 и оказались достаточно близкими друг к другу. Тем не менее в дальнейшем мы находили средневзвешенные значения характеристик, назначая веса обратно пропорциональными ρ_{\min} .

Полученные средневзвешенные значения отсчетов передаточной характеристики приведены на рис. 3. Вертикальными отрезками на нем показаны стандартные отклонения этих значений $\pm\sigma$. Скорость реакции ЗКС на изменение радиационного воздействия на ВГА может быть охарактеризована значением эквивалентной постоянной времени τ , за которое обычно принимается момент t , когда $h(t)$ уменьшается в $e = 2.718$ раз от максимума. Средневзвешенное значение эквивалентной постоянной времени ЗКС оказалось равным $\tau = 32$ годам ± 14 лет.

Толстой сплошной линией на рис. 4 показана реконструированная аномалия $\Delta T(t)$, а линиями со значками, совпадающими с обозначениями разных рядов реконструкций $\Delta I(t)$ на рис. 1, отмечены три аномалии глобальной температуры, со-

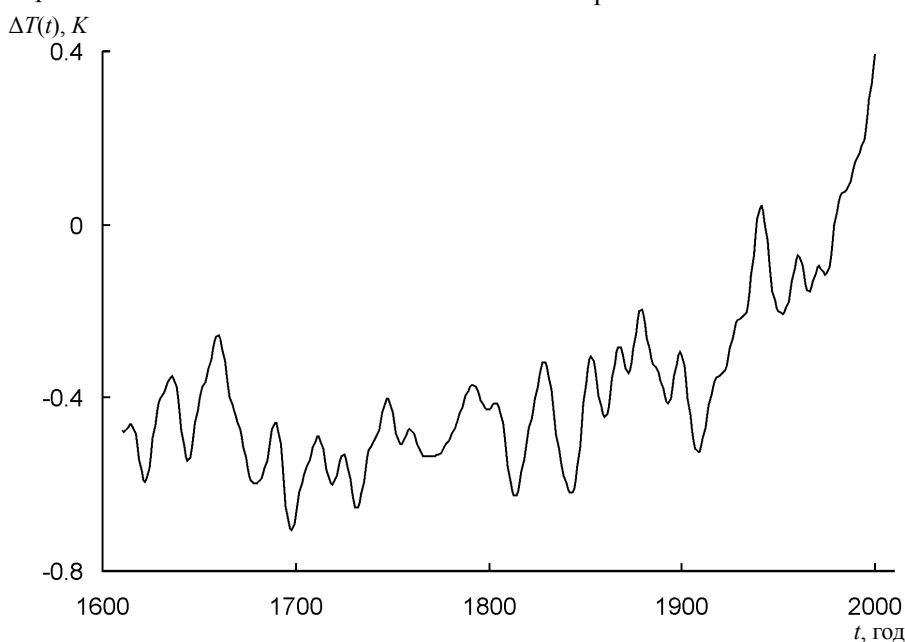


Рис. 2. Аномалия глобально осредненной приповерхностной температуры по данным реконструкции Манна и др. [21]



Таблица 1

Минимальные значения невязки ρ_{\min} , средние величины остаточных отклонений $\overline{\Delta T}$, их стандартные отклонения σ , значения параметра Колмогорова λ_K и коэффициенты усиления k , полученные по разным рядам реконструкций солнечной постоянной

Ряд $\Delta I(t)$	ρ_{\min} , $K^2 \text{ год}$	$\overline{\Delta T}$, K	σ , K	λ_K	k , $K \cdot \text{Вт}^{-1} \cdot \text{м}^2$
Lean [16,17]	1.29	-0.002	0.082	0.981	0.163
Krivova et al. [18,19]	1.25	-0.004	0.081	1.074	0.436
Egorova et al. [20]	1.30	0.001	0.083	0.547	0.068

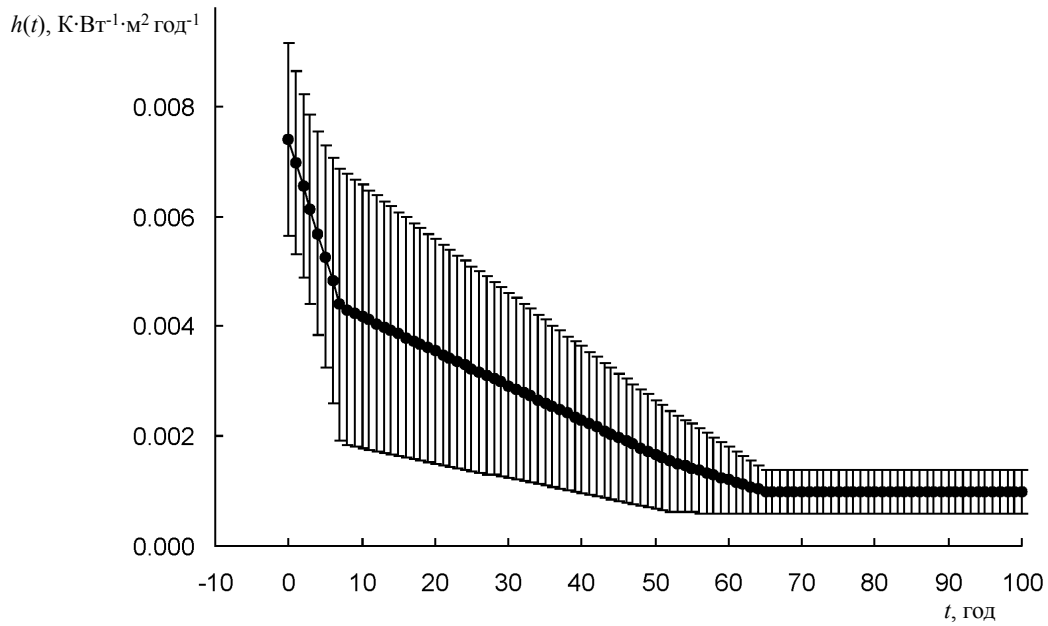


Рис. 3. Средневзвешенные значения импульсной передаточной характеристики земной климатической системы

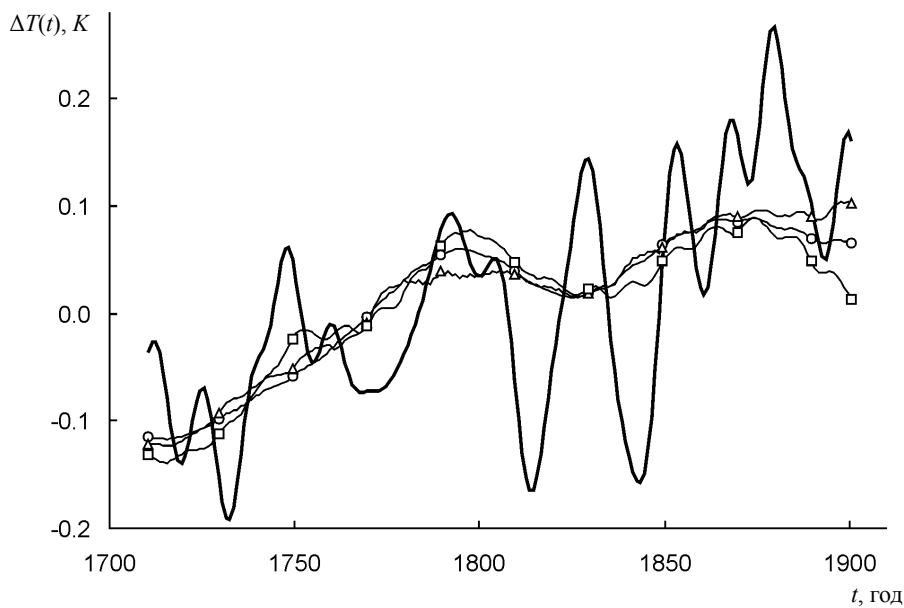


Рис. 4. Значения аномалии температуры, соответствующие восстановленным импульсным передаточным характеристикам, по данным разных авторов. Толстой сплошной линией показана аномалия температуры по данным реконструкции Манна и др. [21]. Условные обозначения см. рис. 1



ответствующие восстановленным характеристикам $h(t)$ согласно интегральному уравнению (1). Эти линии описывают возможную реакцию ЗКС как предполагаемой нами линейной системы на изменения солнечной постоянной. Они оказываются достаточно близкими друг к другу, подтверждая таким образом близость значений ρ_{\min} . Совокупное воздействие на глобальную температуру других факторов на столетнем интервале в XVIII веке оказалось сопоставимо с влиянием изменений $\Delta I(t)$, а в XIX веке превосходило их (см. рис. 4).

Характер остаточных отклонений аномалий $\Delta T(t)$ на рис. 4 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. Средние значения остаточных отклонений аномалий $\overline{\Delta T}$ и их стандартные отклонения σ приведены в табл. 1. Как видно из нее, для всех трех случаев $\overline{\Delta T}$ практически не отличаются от нуля. Мы выполнили проверку гипотез о нормальности распределений остаточных отклонений аномалий температуры, соответствующих восстановленным импульсным передаточным характеристикам, с использованием критерия Колмогорова–Смирнова. Найденные значения параметров Колмогорова $\lambda_K = D\sqrt{N}$, где D – модуль максимального различия теоретической и эмпирической функций распределения, а $N = 191$ – объем выборки, также приведены в табл. 1. Критическое значение параметра Колмогорова для уровня значимости $\alpha = 0.10$ равно 1.22. Так как все значения λ_K не превышают критическое, то гипотеза о нормальности распределений не может быть отвергнута и исходное предположение о случайном характере суммарного воздействия внутренних факторов ЗКС, влияющих на глобальную температуру в XVIII–XIX веках, представляется достаточно обоснованным.

Импульсная передаточная характеристика ЗКС дает возможность оценить величину коэффициента усиления k , связывающего установившееся изменение на выходе системы ΔT с заданным изменением входного сигнала ΔI : $\Delta T = k \Delta I$.

Эта величина определяется интегралом

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

и для наших оценок $h(t)$ численное интегрирование по формуле трапеций дает значения коэффициентов, приведенные в табл. 1. Средневзвешенное значение $k = 0.23 \pm 0.11 \text{ К}\cdot\text{Вт}^{-1}\cdot\text{м}^2$. Как видно из табл. 1, несмотря на отмеченную ранее близость трех кривых аномалии глобальной температуры, соответствующих восстановленным характеристикам $h(t)$, коэффициенты усиления заметно различаются.

Знание k позволяет найти чувствительность ЗКС к изменению радиационного воздействия на ВГА λ , которая определяется как установившееся изменение температуры (в К) при увеличении воздействия на $1 \text{ Вт}\cdot\text{м}^{-2}$, и дается выражением

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

где β – среднее значение альbedo Земли. Принимая $\beta = 0.30$, получим средневзвешенную величину чувствительности $\lambda = 1.31 \pm 0.63 \text{ К}\cdot\text{Вт}^{-1}\cdot\text{м}^2$.

Значение чувствительности 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, климатическая система планеты ведет себя как линейная система первого порядка с постоянной времени $\tau_0 = C\lambda_0$, где C – теплоемкость на единицу площади поверхности. Оценки чувствительности ЗКС λ , как правило, дают значения, превышающие λ_0 . Подобное увеличение чувствительности объясняется наличием положительной обратной связи, которая может проявляться в уменьшении излучательной способности и (или) планетарного альbedo с ростом температуры. В первом приближении наличие обратной связи можно учесть, введя ее коэффициент f . Тогда эффективное значение чувствительности оказывается равным $\lambda = f\lambda_0$.

Использование полученных нами средневзвешенных значений характеристик ЗКС τ и λ позволяет найти оценки величины коэффициента обратной связи $f = 4.4 \pm 2.1$ и эффективной теплоемкости системы $C = 770 \pm 710 \text{ МДж}\cdot\text{К}^{-1}\cdot\text{м}^2$. Погрешности оценок достаточно велики. Тем не менее среднее значение C в 74 раза превышает соответствующую величину для атмосферы Земли. Это свидетельствует о том, что за реакцию ЗКС на радиационное воздействие на столетнем интервале времени ответственна не только атмосфера, но и суша, а также верхние слои океана.

Необходимо дополнить полученные данные о характеристике $h(t)$ ЗКС информацией о ее поведении на коротких интервалах времени. Для этого мы использовали три первых отсчета $h(t)$ с интервалом в месяц, полученных в работе [6]. Данные отсчеты были нормированы исходя из условия сохранения коэффициента усиления при переходе к годичному интервалу измерения времени. Значения объединенной импульсной передаточной характеристики ЗКС и их стандартные отклонения σ приведены в табл. 2. Отсчеты $h(t)$ для других моментов времени внутри рассмотренного интервала могут быть найдены с помощью линейной интерполяции. Данные табл. 2 позволяют рассчитать аномалию $\Delta T(t)$ при известных изменениях $\Delta I(t)$ на интервале времени от одного месяца до ста лет.



Таблица 2

Значения объединенной импульсной передаточной характеристики земной климатической системы $h(t)$ и их стандартные отклонения σ

t , год	$h(t)$, $\text{K}\cdot\text{Вт}^{-1}\cdot\text{м}^2\cdot\text{год}^{-1}$	σ , $\text{K}\cdot\text{Вт}^{-1}\cdot\text{м}^2\cdot\text{год}^{-1}$
0.00	0.4080	0.0750
1/12	0.2090	0.0340
1/6	0.0140	0.0051
1.0	0.0070	0.0017
3.0	0.0061	0.0017
5.0	0.0053	0.0020
7.0	0.0044	0.0025
10	0.0042	0.0024
20	0.0036	0.0020
40	0.0023	0.0013
60	0.0012	0.0006
80	0.0010	0.0004
100	0.0010	0.0004

Сравнение результатов с данными независимых исследований

Проведенный нами ранее анализ средне-месячных значений инструментальных рядов данных о $\Delta I(t)$ и $\Delta T(t)$ показал, что на интервале времени в несколько месяцев ЗКС ведет себя как линейная система с постоянной времени $\tau = 1.305 \pm 0.026$ мес. и чувствительностью $\lambda = 0.320 \pm 0.074 \text{ K}\cdot\text{Вт}^{-1}\cdot\text{м}^2$. При этом эффективная теплоемкость оказывается практически равной теплоемкости атмосферы на единицу площади поверхности Земли $10.4 \text{ МДж}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{м}^2$, следовательно, реакция ЗКС на изменение солнечной постоянной на таком интервале времени может быть объяснена только атмосферными процессами [6]. Полученное по реконструированным данным в XVIII–XIX веках значение чувствительности $\lambda = 1.31 \pm 0.63 \text{ K}\cdot\text{Вт}^{-1}\cdot\text{м}^2$ оказывается в четыре раза больше. Увеличение чувствительности не является неожиданным. Формальный коэффициент усиления k получается как интеграл от неотрицательной функции $h(t)$ и при увеличении интервала интегрирования должен уменьшаться. Однако для реализации такой чувствительности ЗКС внешнее радиационное воздействие величиной в $1 \text{ Вт}\cdot\text{м}^{-2}$ должно оставаться неизменным в течение столетия. За это время успевают нагреться не только атмосфера, но и суша, а также верхние слои океана.

По данным Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК, IPCC), приведенным в докладе AR4, значение чувствительности $\lambda = 0.8 \pm 0.4 \text{ K}\cdot\text{Вт}^{-1}\cdot\text{м}^2$ [7]. В последнем докладе этой организации [1] величина λ не приведена, однако дается полученное осреднением по ансамблю МОЦАО CMIP5 повышение глобально осредненной температуры, соответствующее двукратному увеличению концентрации CO_2 в атмосфере. Его среднее значение равно 3.2 K с 90%-м доверительным интервалом $[2.1 \text{ K}, 4.7 \text{ K}]$. 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 $[2.96 \text{ Вт}\cdot\text{м}^{-2}, 4.44 \text{ Вт}\cdot\text{м}^{-2}]$ [1] можно получить среднее значение чувствительности $\lambda = 0.86 \text{ K}\cdot\text{Вт}^{-1}\cdot\text{м}^2$ с 90%-м доверительным интервалом $[0.47 \text{ K}\cdot\text{Вт}^{-1}\cdot\text{м}^2, 1.59 \text{ K}\cdot\text{Вт}^{-1}\cdot\text{м}^2]$. Аналогичный доверительный интервал для среднего значения коэффициента обратной связи $f = 2.87$ может быть записан как $[1.57, 5.30]$. Полученные нами средние значения λ и f оказываются в пределах этих доверительных интервалов.

Интересно отметить, что чувствительность ЗКС остается неизменной в течение длительного времени. По данным Дж. Хансена (Hansen) и др. [22], в плейстоцене для интервала времени порядка столетия $\lambda = 0.75 \pm 0.25 \text{ K}\cdot\text{Вт}^{-1}\cdot\text{м}^2$.

Заключение

Применяемая 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.

Результаты восстановления $h(t)$ по реконструированным данным о солнечной постоянной и глобально осредненной температуре на столетнем интервале дают величину эквивалентной постоянной времени $\tau = 32 \pm 14$ года и чувствительность к радиационному воздействию $\lambda = 1.31 \pm 0.63 \text{ K}\cdot\text{Вт}^{-1}\cdot\text{м}^2$. При этом коэффициент положительной обратной связи оказывается равным $f = 4.4 \pm 2.1$, а эффективная теплоемкость ЗКС на единицу площади $C = 770 \pm 710 \text{ МДж}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{м}^2$ и многократно превышает теплоемкость атмосферы. Это свидетельствует о том, что за реакцию ЗКС на радиационное воздействие на столетнем интервале времени ответственна не



только атмосфера, но и суша, а также верхние слои океана. Для реализации такой чувствительности ЗКС λ внешнее радиационное воздействие величиной в $1 \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2}$ должно оставаться неизменным в течение столетия.

Погрешности оценок достаточно велики. Однако использованная нами методика независима от модельных расчетов. Найденные значения характеристик ЗКС не противоречат данным, полученным осреднением по ансамблю МОЦАО CMIP5.

Полученная объединенная импульсная передаточная характеристика ЗКС позволяет рассчитать аномалию глобально осредненной приповерхностной температуры при известных изменениях солнечной постоянной на интервале времени от одного месяца до ста лет.

Библиографический список

1. 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 Univ. Press, 2013. 1535 p.
2. Дымников В. П., Лысков В. Н., Володин Е. М. Моделирование климата и его изменений : современные проблемы // Вестник РАН. 2012. Т. 82, № 3. С. 227–336.
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, 27–29 October 2004. P. 1–16 [Электронный ресурс]. URL: <http://arxiv.org/abs/physics/0411002> (дата обращения: 05.03.2020).
4. Lockwood M. Recent changes in solar outputs and the global mean surface temperature. III. Analysis of contributions to global mean air surface temperature rise // Proceedings of the Royal Society A. 2008. Vol. 464. P. 1387–1404.
5. 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.
6. 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>
7. Schwartz S. E. Heat capacity, time constant, and sensitivity of Earth's climate system // Journal of Geophysical Research. 2007. Vol. 112. D24S05. DOI: <https://doi.org/10.1029/2007JD008746>
8. 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: <https://doi.org/10.1029/2008JD009872>
9. 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: <https://doi.org/10.1029/2007JD009586>
10. Scafetta N. Empirical analysis of the solar contribution to global mean air surface temperature change // Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics. 2009. Vol. 71. P. 1916–1923.
11. Мохов И. И., Безверхний В. А., Елисеев А. В., Карпенко А. А. Взаимосвязь изменений глобальной приповерхностной температуры с изменениями солнечной активности по данным наблюдений и реконструкций для XVII–XX веков и по модельным расчетам // Доклады РАН. 2006. Т. 409, № 1. С. 115–119.
12. Мохов И. И., Смирнов Д. А. Диагностика причинно-следственной связи солнечной активности и изменений глобальной приповерхностной температуры Земли // Известия РАН. Физика атмосферы и океана. 2008. Т. 44, № 3. С. 283–293.
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. Lean J. Evolution of the Sun's spectral irradiance since the Maunder minimum // Geophysical Research Letters. 2000. Vol. 27. P. 2425–2428.
17. Lean J. Solar irradiance reconstruction // IGBP Pages. World Data Center for Paleoclimatology. Data Contribution Series. NOAA/NGDC Paleoclimatology Program. Boulder, CO, USA. 2004. № 2004-035. P. 1–12.
18. Krivova N. A., Vieira L. E. A., Solanki S. K. Reconstruction of solar spectral irradiance since the Maunder minimum // Journal of Geophysical Research. 2010. Vol. 115. A12112. DOI: <https://doi.org/10.1029/2010JA015431>
19. Yeo K. L., Krivova N. A., Solanki S. K. Solar cycle variation in solar irradiance // Space Science Reviews. 2014. Vol. 186. P. 137–167. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11214-014-0061-7>.
20. Egorova T., Schmutz W., Rozanov E., Shapiro A. I., Usoskin I., Beer J., Tagirov R. V., Peter T. Revised historical solar irradiance forcing // Astronomy and Astrophysics. 2018. Vol. 615. A85. P. 101–116. DOI: <https://doi.org/10.1051/0004-6361/201731199>
21. Mann M. E., Zhang Z., Hughes M. K., Bradley R. S., Miller S. K., Rutherford S., Ni F. Proxy-based reconstructions of hemispheric and global surface temperature variations over the past two millennia // Proceedings of the National Academy of Sciences. 2008. Vol. 105. P. 13252–13257. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.0805721105>
22. Hansen J., Sato M., Russell G., Kharecha P. Climate sensitivity, sea level, and atmospheric carbon dioxide // Philosophical Transactions of the Royal Society. 2013. Vol. 371. P. 234–245. DOI: <https://doi.org/10.1098/rsta.2012.0294>

Образец для цитирования:

Богданов М. Б., Червяков М. Ю. Оценка импульсной передаточной характеристики земной климатической системы на столетнем интервале времени // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2020. Т. 20, вып. 4. С. 226–233. DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2020-20-4-226-233>

Cite this article as:

Bogdanov M. B., Chervyakov M. Yu. Estimation of Impulse Response of Earth's Climate System at Century Time Interval. *Izv. Saratov Univ. (N. S.), Ser. Earth Sciences*, 2020, vol. 20, iss. 4, pp. 226–233 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2020-20-4-226-233>



УДК 911

Особенности трансграничных рек Центральной Азии (на примере Кыргызстана)

Г. Ч. Донбаева

Донбаева Гулайым Чыныбековна, кандидат географических наук, доцент, Таласский государственный университет, Кыргызстан, vip.donbaeva@mail.ru

В статье описано современное положение водных ресурсов Центральной Азии (на примере Кыргызстана), которые в последнее время стали причиной ряда национальных и международных встреч, консультаций, конфликтов. Вопрос приобретает еще более острый характер, когда они имеют трансграничный характер. В этой связи необходимо реализовать комплексный подход в управлении водными и энергетическими ресурсами трансграничных рек.

Трансграничность рек является одной из главных особенностей и предпосылок интеграции усилий стран Центральной Азии как основы безконфликтного и экологически сбалансированного использования водно-земельных ресурсов региона. Для стран региона проблема водопользования в бассейнах трансграничных рек имеет много общего, вместе с тем существуют различия, обусловленные природно-климатическими, хозяйственными, экономическими, политическими условиями каждой страны. Экологическая безопасность и экономика стран Центральной Азии тесно связаны с характером использования водных ресурсов и согласованных действий по совместному управлению трансграничными реками. Заметное снижение их водоресурсного потенциала в результате нарастания борьбы за воду, загрязнение водных источников рассматриваются как серьезные препятствия для устойчивого развития региона.

Ключевые слова: Центральная Азия, Кыргызстан, водные ресурсы, трансграничные реки, управление водными и энергетическими ресурсами, использование водно-земельных ресурсов, экологическая безопасность, водно-ресурсный потенциал, загрязнение окружающей среды, водообеспечение, водопользование, водный дефицит, климатические изменения.

Поступила в редакцию: 27.04.2020 / Принята: 21.09.2020 / Опубликовано: 30.11.2020

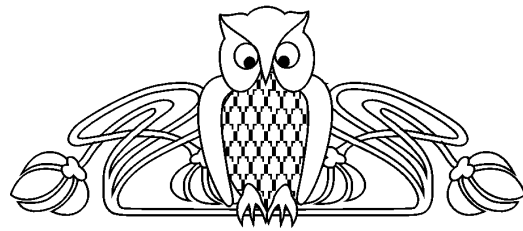
Статья опубликована на условиях лицензии Creative Commons Attribution License (CC-BY 4.0)

Features of the Transboundary Rivers of Central Asia (on the Example of Kyrgyzstan)

G. Donbaeva

Gulayim Donbaeva, <https://orcid.org/0000-0001-8356-0094>, Talas State University, 35 Mirzaliev St., Talas 724200, Kyrgyzstan, vip.donbaeva@mail.ru

The article describes the current situation of water resources in Central Asia (on the example of Kyrgyzstan) which recently caused a number of national and international meetings, consultations, and conflicts. The issue becomes even more acute when they are of a



transboundary nature. In this regard, it is necessary to implement an integrated approach in the management of water and energy resources of transboundary rivers.

The transboundary rivers are one of the main features and prerequisites for the efforts integration of the countries in Central Asia as the basis of the region's water-free and environment-friendly use of water and land. For the countries of the region, the problem of water use in the basins of transboundary rivers has much in common and at the same time there are differences due to the natural, climatic, business, economic and political conditions of each country. Environmental security and the economies of Central Asian countries are closely related to the nature of water use and concerted actions on joint management of transboundary rivers. A noticeable decrease in their water resource potential as a result of increasing competition for water, the pollution of water sources are considered as serious obstacles to the sustainable development of the region.

Keywords: Central Asia, Kyrgyzstan, water resources, transboundary rivers, management of energy and water resources, use of water and land resources, environmental safety, water-resource potential, environmental pollution, water supply, water use, water deficiency, climate change.

Received: 27.04.2020 / Accepted: 21.09.2020 / Published: 30.11.2020

This is an open access article distributed under the terms of Creative Commons Attribution License (CC-BY 4.0)

DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2020-20-4-234-239>

Введение

Реки играют важную роль во многих природных процессах всей планеты. На протяжении всей истории развития человечества они имели социально-экономическое, трансграничное значение. Многие реки целиком протекают в пределах одной страны, внутри ее государственных границ. Реки также составляют границу, часть границы или протекают через территорию нескольких государств, в отдельных случаях ресурсы трансграничных вод используются совместно с другими странами [1, 2]. Можно привести множество примеров таких рек. Например, р.Пяндж – между Таджикистаном и Афганистаном, р. Прут – между Румынией и Молдавией, р. Амур – между Россией и Китаем, р. Нарын – протекает по территории Кыргызстана и Узбекистана, р. Талас – между Кыргызстаном и Казахстаном и др. В век, когда глобализация охватывает мир, реки становятся особенно актуальными для устойчивого развития трансграничных речных бассейнов, расположенных на территории двух или нескольких государств. Необходимо обеспечить сбалансиро-



рованное развитие речных бассейнов с учетом вопросов природопользования. Изменения, происходящие на водосборных площадях бассейнов, отражаются на качественных и количественных характеристиках состояния водных объектов и жизнедеятельности населения [1, 3–6].

Страны Центральной Азии – Казахстан, Кыргызстан, Таджикистан, Туркменистан и Узбекистан – связаны между собой общими водными ресурсами. Все они сталкиваются с серьезными водными проблемами. Вода, водные ресурсы являются одним из важнейших факторов, которые влияют на формирование условий жизни в засушливом климате Центральной Азии. В советское время у стран этого региона был статус аграрной и сырьевой базы. Такое положение дел привело к одностороннему росту сельскохозяйственных отраслей без необходимой степени переработки и получения конечной продукции, замедлению индустриализации и урбанизации территории. В результате к концу XX века Центральноазиатский регион, так же как и некоторые республики бывшего Советского Союза, оказался перед серьезными социально-экономическими, экологическими проблемами, которые привели к снижению продуктивности почв, качественному и количественному истощению ресурсов речного стока. На арену вышли новые аспекты стратегии планирования, использования водных ресурсов и управления ими, возникла необходимость учета всех этих факторов. Водные ресурсы ограничены, спрос на воду растет, по мере развития экономики конкуренция и возможные конфликты по использованию водных ресурсов увеличиваются между разными водопользователями [7].

Водные ресурсы Центральной Азии носят трансграничный характер, являются особенно важными для экономики региона, его народов и окружающей среды.

Одними из трансграничных речных бассейнов Центральной Азии, в том числе Кыргызстана, являются бассейны рек Талас, Нарын, Чу и др. На территориях этих бассейнов встают вопросы рационального использования водных ресурсов, с чем и связана актуальность данного исследования.

Материалы и методы исследования

подавляющая часть территории Центральной Азии расположена в аридной зоне, главная особенность которой – дефицит пресной воды: доля использования водных ресурсов превысила 40% и продолжает быстро увеличиваться. Дальнейший нарастающий дефицит воды может стать причиной местных и региональных столкновений. Не исключено, что он может превратиться в проблему глобального масштаба. В качестве основных методов исследования, анализа материалов были использованы географо-гидрологический и статистический методы. Исследование в границах бассейнов проводилось с государственной привязкой.

Результаты исследования

Водные ресурсы Кыргызстана формируются в верховьях бассейнов рек Сырдарья, Нарын, Чу, Талас, Сарыжаз, оз. Иссык-Куль. Имея значительные запасы водных ресурсов, Кыргызстан использует меньший объем стока. Общий объем имеющихся водных запасов в Кыргызстане по оценкам экспертов составляет 2458 км³, из них 650 км³ воды (26,4%) хранятся в ледниках, 1745 км³ (71%) – в озерах, 13 км³ (0,5%) – в подземных водах и от 44,5 до 51,9 км³ (2%) – в ресурсах речного стока [8]. Общий годовой объем возобновляемых водных ресурсов оценивается в 46,5 км³ [9]. Соседние государства потребляют больше воды, на их территории расположены основные массы орошаемых земель. Огромное количество ледников и снежников Кыргызстана дают жизнь долинам и равнинам Узбекистана, Казахстана и самой республике.

Острота водной проблемы определяется тем, что все более или менее крупные реки региона являются трансграничными. Например, главная река Кыргызстана Нарын, сливаясь с р. Карадарья, образует одну из крупнейших рек Центральной Азии – Сырдарью (рис. 1).

Длина Сырдарьи от места слияния рек Нарын и Карадарья до Аральского моря составляет 2337 км, а вместе с р. Нарын – 2790 км, площадь бассейна 150100 км² (рис. 2). Средний многолетний сток бассейна Сырдарьи равен 40,8 км³/год, в том числе р. Нарын, среднее течение до Чардаринского водохранилища (Казахстан) – 38 км³/год.

Река является важным и ключевым водным ресурсом для всей Ферганской долины. Сырдарья берет начало в горах Тянь-Шаня в Кыргызстане и протекает через территорию Узбекистана, южную часть Казахстана и теоретически впадает в Арал, чего нельзя сказать в настоящее время.

К трансграничным относятся также реки Чу, Талас, бассейны которых расположены в пределах северной части горной системы Тянь-Шаня и восточной окраины обширной Туранской низменности. По административному делению горная часть бассейнов относится к Кыргызской Республике, равнинная – к Республике Казахстан. Формирование стока рек Чу и Талас осуществляется полностью на территории Кыргызстана.

Водные ресурсы трансграничных рек Талас (среднегодовой сток около 1,6 км³/год) и Чу (среднемноголетний сток около 6,6 км³/год) являются одним из важнейших факторов, обеспечивающих устойчивое социально-экономическое развитие и экологическое равновесие на территориях обоих бассейнов (рис. 3).

Обострилась ситуация по использованию водных и энергетических ресурсов в Центральной Азии. Известно, что и стоки всех крупных рек этого региона (Сырдарья, Нарына, Кызыл-Су, Таласа, Чаткала, Амударья, Вахша, Пянджа и др.)



Рис. 1. Река Нарын (фото Г. Донбаевой)



Рис. 2. Река Карадарья, левый приток реки Нарын, истоки реки Сырдарья (фото Г. Донбаевой)



Рис. 3. Река Талас, узел Каирма (фото Г. Донбаевой)

находятся в горах Кыргызстана и Таджикистана. В годы советской власти здесь были созданы крупные водохранилища, такие как Токтогульское, Курпсайское, Кайраккумское, Нурекское и др. (рис. 4). Функционировали также крупные ГЭС, работающие на весь регион. Все расходы на их содержание несут Кыргызстан и Таджикистан. Узбекистан и Казахстан предпочитают получать речные воды даром. Воды бассейнов рек Сырдарья и особенно Амударья все меньше доходят до усыхающего Аральского моря [10].

Вопросы совместного управления водными ресурсами трансграничных рек и энергетики для стран Центральной Азии являются основными причинами, влияющими на все стороны наци-

ональной и региональной экономики. В период Советского Союза этот регион отличался высокой водной и энергетической взаимозависимостью, которая в географическом и историческом плане была связана условиями формирования и использования трансграничных рек [11].

После распада Союза и с прекращением водно-энергетической связи в бассейнах трансграничных рек Сырдарья и Амударья создалась угроза нарушения сложившегося порядка водопользования. Отсутствие механизма управления трансграничными реками, базирующегося на правовых и экономических аспектах водно-энергетического сектора, не позволяет решать проблемы их совместного использования.

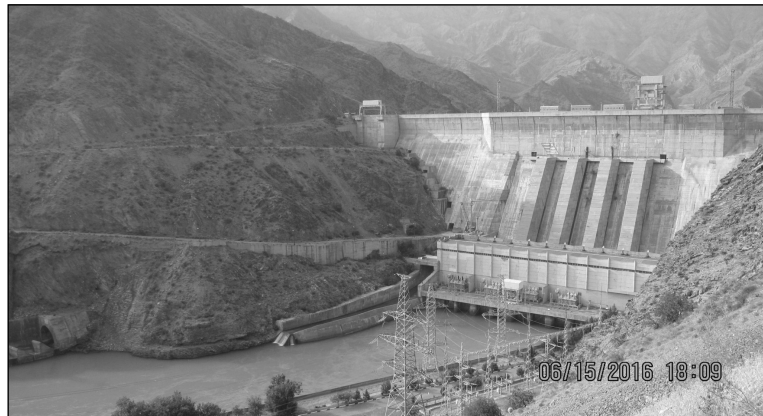


Рис. 4. Курпсайская ГЭС на реке Нарын, вторая по мощности после Токтогульской ГЭС гидроэлектростанция Кыргызстана (фото Г. Донбаевой)

В настоящее время страны, прилегающие к трансграничным рекам, разрабатывают собственные стратегии водопользования. И нужно отметить, что от правильного выбора стратегий управления их водными ресурсами зависят взаимоотношения стран региона.

Трансграничность рек является одной из главных особенностей и предпосылок интеграции усилий стран Центральной Азии как основы безконфликтного и экологически сбалансированного использования водно-земельных ресурсов региона. Острота проблемы воды в Центральноазиатском регионе определяется:

- неравномерным распределением водных ресурсов бассейна Аральского моря по территории. В пределах Кыргызстана формируется 25,1% стока бассейна Аральского моря, в Таджикистане – 43,4%, в Узбекистане – 9,6%, в Казахстане – 2,1%, в Туркменистане – 1,2%, в Афганистане и Иране – 18,6% [10];

- конфликтом интересов гидроэнергетики и орошаемого земледелия, разрешение которого уже требует принятия решений на уровне глав государств или правительств стран региона. Основной объем гидроэнергетического потенциала сосредоточен в Кыргызстане (12,8%) и Таджикистане (76,8%). Водная энергия Кыргызстана и Таджикистана является основным источником в энергетическом балансе – 77% и 96% соответственно. Доля гидроэнергии в структуре общерегионального топливно-энергетического баланса незначительна (около 3%);

- недоработкой системы управления водными ресурсами на всех уровнях – от регионального до локального. Все это требует создания эффективного механизма регулирования водопользования в регионе на основе международных прав. Для экономики региона в целом важно обеспечение интегрированного или комплексного подхода к использованию имеющегося водно-энергетического потенциала. Оптимальное его освоение с учетом интересов каждой страны региона может быть достигнуто на основе межгосударственного сотрудничества, которое является залогом повышения производительности, энергетической независимости, расширения экспортного потенциала, экономии инвестиционных ресурсов;

- высокой степенью межгодовой изменчивости речного стока, связанного с глобальным изменением климата [12, 13];

- необходимостью создания новой системы регулирования, использования и защиты водных ресурсов, а также контроля за этими процессами. Эффективное управление трансграничными водными ресурсами возможно только при наличии общей информационной системы, состоящей из национальных и региональных центров. Практический пример информационного управления стоком р. Сегре нам продемонстрировали в Каталонии (Испания) во время научно-практической стажировки (рис. 5).

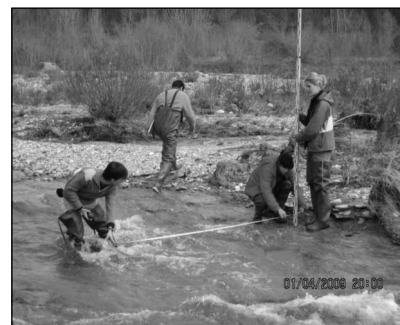


Рис. 5. Примеры информационного управления стоком реки Сегре и его регулирования (Испания, Каталония) (фото Г. Донбаевой)



Выводы

Таким образом, положение в сфере водообеспечения стран Центральной Азии далеко от устойчивого благополучия и характеризуется наличием ряда факторов риска всех уровней – от глобального до локального. Проблема рационального использования и освоения водно-энергетических ресурсов бассейнов рек Центральной Азии была и остается региональной.

В связи с тем что территории всех стран Центральной Азии практически полностью расположены в бассейнах трансграничных рек, предопределяется необходимость сотрудничества, основанного на нормах международного права, учитывающего конкретные условия совместного использования водных ресурсов. Кроме того, ощущается дефицит водных ресурсов практически на всей территории всех водохозяйственных бассейнов Центральной Азии. Все более острой становится проблема межгосударственного использования водных ресурсов трансграничных бассейнов.

Для стран региона проблема водопользования в бассейнах трансграничных рек имеет много общего. Вместе с тем существуют различия, обусловленные природно-климатическими, хозяйственными, экономическими, политическими условиями каждой страны. Экологическая безопасность и экономика стран Центральной Азии тесно связаны с характером использования водных ресурсов и согласованных действий по совместному управлению трансграничными реками. Заметное снижение их водоресурсного потенциала в результате нарастания борьбы за воду, загрязнение водных источников рассматриваются как серьезные препятствия для устойчивого развития региона.

Взаимосвязь между водными ресурсами и устойчивым развитием региона выходит далеко за рамки его социальной, экономической и экологической составляющих. Здоровье населения, продовольственная и экологическая безопасность, урбанизация и промышленный рост, изменение климата представляют собой важнейшие задачи и проблемы. Политика и действия, составляющие суть устойчивого развития, могут быть усилены (или ослаблены) ситуацией в области водных ресурсов [14].

В этих условиях особенно актуальным становится следующее:

- исследование современных и прогнозных изменений характеристик снежного покрова и оледенения – главных источников формирования региональных водных ресурсов;

- организация совместных бассейновых институтов (речных комиссий или комитетов) для межгосударственного сотрудничества, водопользования на устойчивой основе и обеспечения региональной экологической безопасности [15];

- создание водохозяйственных сооружений межгосударственного пользования с целью улучшения сотрудничества по использованию трансграничных вод;

- создание оптимальных условий для регулирования стока внутри страны с целью обеспечения запасов воды для собственных нужд.

Водные ресурсы трансграничных рек Центральной Азии являются голубым богатством региона. От справедливого и рационального использования этих ресурсов зависят жизнь десятков миллионов людей, стабильность и благополучие всей Центральной Азии.

Так как страны Центральной Азии имеют схожие климатические условия и общие экологические проблемы, то и приоритеты по адаптации также являются очень похожими. Например, водные ресурсы, сельское хозяйство, энергетика (производство энергетики), здравоохранение, природные экосистемы, леса и биоразнообразие рассматриваются как одни из наиболее уязвимых компонентов природы к последствиям изменения климата во всех странах Центральной Азии.

Вследствие климатических изменений, а также факторов антропогенного воздействия, связанных с забором воды из поверхностных и подземных источников в связи с развитием горнодобывающих предприятий, объектов энергетики, формированием водохранилищ в бассейнах трансграничных бассейнов, происходит изменение гидрологического режима поверхностных вод. Возникают проблема водообеспеченности социально-экономического развития трансграничного бассейна и ряд экологических вопросов. На фотографиях (рис. 6) видны примеры рационального регулирования стока р. Сегре (Испания, Каталония).

В настоящее время проблемы, связанные с водными ресурсами, стали одними из актуальных в

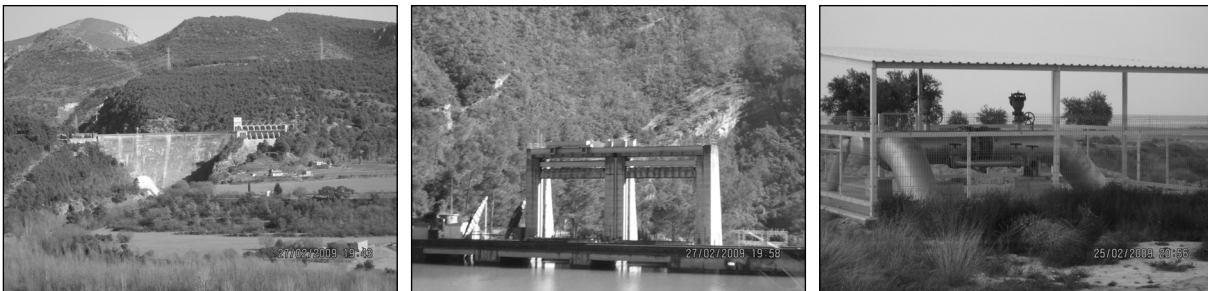


Рис. 6. Примеры регулирования внутреннего стока реки Сегре (Испания, Каталония) (фото Г. Донбаевой)



мире. Регулирование и использование водного стока, а также управление им – вот три кита, на которых держатся политические отношения, экономическое развитие, энергетическая и продовольственная безопасность страны. Поэтому от правильного выбора стратегий управления водными ресурсами зависят взаимоотношения стран Центральной Азии, в том числе и Кыргызской Республики.

Библиографический список

1. Кирейчева Л. В., Мустафаев Ж. С., Турсынбаев Н. А. Трансграничные проблемы природопользования в бассейне реки Талас // Международный научно-исследовательский журнал. 2015. Ч. 3. № 11(42). DOI: <https://doi.org/10.18454/IRJ.42.167>
2. Рослякова М. А. Трансграничные экологические проблемы в России и её регионах [Электронный ресурс] // Экономика и менеджмент инновационных технологий. 2015. № 3. URL: <http://ekonomika.snauka.ru/2015/03/7765> (дата обращения: 15.08.2019).
3. Говорушко С. М., Горбатенко Л. В. Трансграничное водопользование в бассейне р. Амур // Вестник ДВО РАН. 2013. № 2. С. 74–83.
4. Осодоев П. В., Михеева А. С., Цыбекмитова Г. Ц. Эколого-географические проблемы природопользования трансграничных бассейнов рек Азиатской части России : р. Селенга (Россия–Монголия), р. Аргунь (Россия–Китай) [Электронный ресурс]. URL: <http://science-education.ru/pdf/2014/5/> (дата обращения: 15.08.2019).
5. Moore M.-L. Perspectives of complexity in water governance: Local experiences of global trends // *Water Alternatives*. 2013. Vol. 3. P. 487–505.
6. Ricart S. Water Management and Irrigation Governance in the Anthropocene : Moving from Physical Solutions to Social Involvement // *Journal of Geography, Environment and Earth Science International*. 2018. Vol. 4. P. 1–15.
7. Интегрированное управление водными ресурсами в Центральной Азии : Проблемы управления большими трансграничными реками. Глобальное водное партнерство. Швеция, Стокгольм, 2014. 59 с.
8. Состояние водных ресурсов Кыргызской Республики. Аналитическая записка / Национальный институт стратегических исследований Кыргызской Республики. Бишкек, 2014. 52 с.
9. Улучшение использования экономических инструментов управления водными ресурсами в Кыргызстане: на примере бассейна озера Иссык-Куль : отчет OCDE. Бишкек, 2013.
10. Наврузов С. Т. Моделирование в управлении водными ресурсами. Душанбе : ЭР-граф, 2013. 280 с.
11. Партнерство заинтересованных сторон в совместной разработке политики : содействие трансграничному сотрудничеству на малых водоразделах в Центральной Азии. Алматы : OST-XXI век, 2016. 43 с.
12. Приоритетные направления адаптации к изменению климата в Кыргызской Республике до 2017 года. Бишкек, 2013. 64 с.
13. Третий отчет о прогрессе в достижении целей развития тысячелетия. Бишкек, 2013. 140 с.
14. Коннор Р., Конгаюль Э. Вода для устойчивого мира // Доклад ООН о развитии водных ресурсов мира. Италия, 2015. 7 с.
15. Пособие по бассейновому планированию. Алматы : OST-XXI век, 2014. 40 с.

Образец для цитирования:

Донбаева Г. Ч. Особенности трансграничных рек Центральной Азии (на примере Кыргызстана) // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2020. Т. 20, вып. 4. С. 234–239. DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2020-20-4-234-239>

Cite this article as:

Donbaeva G. Features of the Transboundary Rivers of Central Asia (on the Example of Kyrgyzstan). *Izv. Saratov Univ. (N. S.), Ser. Earth Sciences*, 2020, vol. 20, iss. 4, pp. 234–239 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2020-20-4-234-239>



УДК 504.054:614.841(571.53)

Загрязнение территории Прибайкальского национального парка выбросами от лесных пожаров

С. А. Новикова, И. В. Щербакова

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

Щербакова Ирина Владимировна, магистрант образовательной программы «Геоэкология: мониторинг, природопользование и экологическая безопасность», Институт наук о Земле, Санкт-Петербургский государственный университет, super.bagira-98@yandex.ru

Целью статьи является оценка вклада выбросов от лесных пожаров в загрязнение атмосферного воздуха на примере территории Прибайкальского национального парка. Для достижения этой цели были осуществлены расчеты валовых выбросов на основе данных лесничеств о пожарах. С помощью программного комплекса «Эколог» проведены расчеты концентраций примесей, выбрасываемых в атмосферу при лесных пожарах. По результатам проведенных расчетов построены карты концентраций загрязняющих веществ, поступающих в атмосферу от пожаров. Анализ полученных результатов позволил сделать вывод о превышении установленных санитарно-гигиенических нормативов. Среди рассмотренного перечня загрязняющих веществ обнаружены максимальные концентрации акролеина, оксида углерода, ацетона, диоксида азота. Выявлены территории, находящиеся в зоне повышенного атмосферного загрязнения, создаваемого пожарами в лесничествах Прибайкальского национального парка.

Ключевые слова: особо охраняемая природная территория, атмосферный воздух, лесные пожары, загрязняющие вещества, санитарно-гигиенические нормативы, повышенные концентрации, карты.

Поступила в редакцию: 20.07.2020 / Принята: 21.09.2020 / Опубликована: 30.11.2020

Статья опубликована на условиях лицензии Creative Commons Attribution License (CC-BY 4.0)

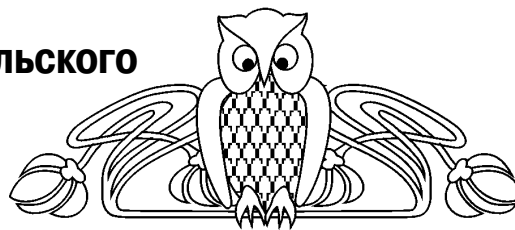
Pollution of the Territory of the Pribaikalsky National Park by Emissions from Forest Fires

S. A. Novikova, I. V. Shcherbakova

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

Irina V. Shcherbakova, <https://orcid.org/0000-0002-7316-2129>, Saint Petersburg State University, 7–9 University Embankment, Saint Petersburg 199034, Russia, super.bagira-98@yandex.ru

The aim of the work is to assess the contribution of emissions from forest fires to air pollution using the example of the territory of the Pribaikalsky National park. To achieve this goal, calculations of gross emissions were carried out based on forestry data on fires. With the



help of the program complex «Ecologist» calculations of concentrations of impurities emitted into the atmosphere during forest fires were carried out. Based on the results of the calculations, maps of the concentrations of pollutants released into the atmosphere from fires were created. The analysis of the received results obtained allowed us to conclude that the established sanitary and hygienic standards were exceeded. Among the considered list of emissions, the maximum concentrations of acrolein, carbon monoxide, acetone, and nitrogen dioxide were revealed. The areas located in the zone of increased atmospheric pollution created by fires on the territory of the forestries of the Pribaikalsky National park were identified.

Keywords: specially protected natural areas, atmospheric air, forest fires, pollutants, sanitary and hygienic standards, high concentrations, schematic maps.

Received: 20.07.2020 / Accepted: 21.09.2020 / Published: 30.11.2020

This is an open access article distributed under the terms of Creative Commons Attribution License (CC-BY 4.0)

DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2020-20-4-240-249>

Введение

Территория Иркутской области имеет самую высокую лесистость (78%) среди субъектов Российской Федерации. На одного жителя в Иркутской области приходится 21,6 га покрытой лесом площади, что почти в 5 раз больше, чем в среднем по Российской Федерации, и в 84 раза – чем в Западной Европе [1]. Этот показатель говорит о значительном лесосырьевом потенциале территории. Особенностью лесного фонда Иркутской области является преобладание пожароопасных хвойных насаждений.

Одной из главных проблем региона является ухудшение экологической обстановки как за счет увеличения числа функционирующих антропогенных источников – промышленных предприятий, автомобильного транспорта, так и природных – лесных пожаров, спровоцированных изменением метеорологических условий. Сильный ветер, высокие температуры воздуха, длительное отсутствие осадков способствуют возникновению очагов возгораний и быстрому распространению огня.

Проблема лесных пожаров является актуальной во всем мире, подтверждение тому – конференция 2003 г. Организации Объединенных Наций (ООН) по изменению климата, на которой в качестве мер по сокращению выбросов было предложено реформирование охраны леса и усовершенствование системы лесного хозяйства. Природные пожары стали бедствием мирового



масштаба. Чрезвычайные ситуации, связанные с природными пожарами, возникающими в Прибайкальском национальном парке, представляют собой совокупность экономических, социальных и экологических факторов риска. В Иркутской области ежегодно в среднем возникает более 1,3 тыс. природных пожаров, в результате которых выгорают десятки тысяч гектаров лесных массивов и угодий [1]. От пожаров страдают флора и фауна на значительных территориях, в том числе представители редких, эндемичных видов. В результате природных пожаров в воздушный бассейн поступает огромное количество примесей, оказывающих негативное влияние на компоненты окружающей среды и живые организмы.

Объект исследования

Прибайкальский национальный парк, основанный 13 февраля 1986 г., относится к объекту общенационального достояния и является частью участка Всемирного наследия «Озеро Байкал». Площадь парка составляет 417 297 га. Национальный парк имеет статус федерального, его основной задачей является сохранение природы западного побережья озера Байкал [2]. Особо охраняемая природная территория (ООПТ) находится в ведении Федерального государственного бюджетного учреждения «Заповедное Прибайкалье». Однако мониторинг очагов возгораний, количественная оценка вклада в загрязнение атмосферы эмиссий от пожаров не входят в первостепенные задачи ведомства.

Территория парка в виде узкой полосы охватывает большую часть (около 470 км) западного

побережья оз. Байкал – от пос. Култук на юге до мыса Кочериковского на севере – и занимает восточные склоны Приморского хребта, южную часть Олхинского плато, бассейн р. Большая Речка, а также о. Ольхон. Южная часть расчленена вытекающей из Байкала р. Ангарой. Национальный парк расположен на территории Слюдянского, Иркутского и Ольхонского районов Иркутской области, которые подразделены на лесничества (рис. 1).

Прибайкальский национальный парк разделен на пять функциональных зон: заповедную, рекреации и познавательного туризма, обслуживания посетителей, хозяйственного значения, экстенсивного природопользования. В *заповедной зоне* сохраняются ценные экосистемы в их естественном состоянии. В этой зоне запрещена любая рекреационная и хозяйственная деятельность, разрешены научная деятельность и проведение мероприятий по защите лесов от пожаров и браконьерства. *Зона рекреации и познавательного туризма* предназначена для отдыха посетителей, обустроена туристическими маршрутами, местами отдыха и ночлега. *Зона обслуживания посетителей* обеспечивает массовый отдых туристов, а также жизнедеятельность постоянных жителей национального парка. На ее территории разрешено строительство гостиниц и других объектов туристического сервиса. *Зона хозяйственного назначения* предусматривает производство работ, которые обеспечивают жизнедеятельность местного (коренного) населения. В *зоне экстенсивного природопользования* разрешено разумное использование природных ресурсов: охота, рыбалка, выпас скота, сбор грибов и ягод [3]. Таким образом, функциональное зонирование позволяет

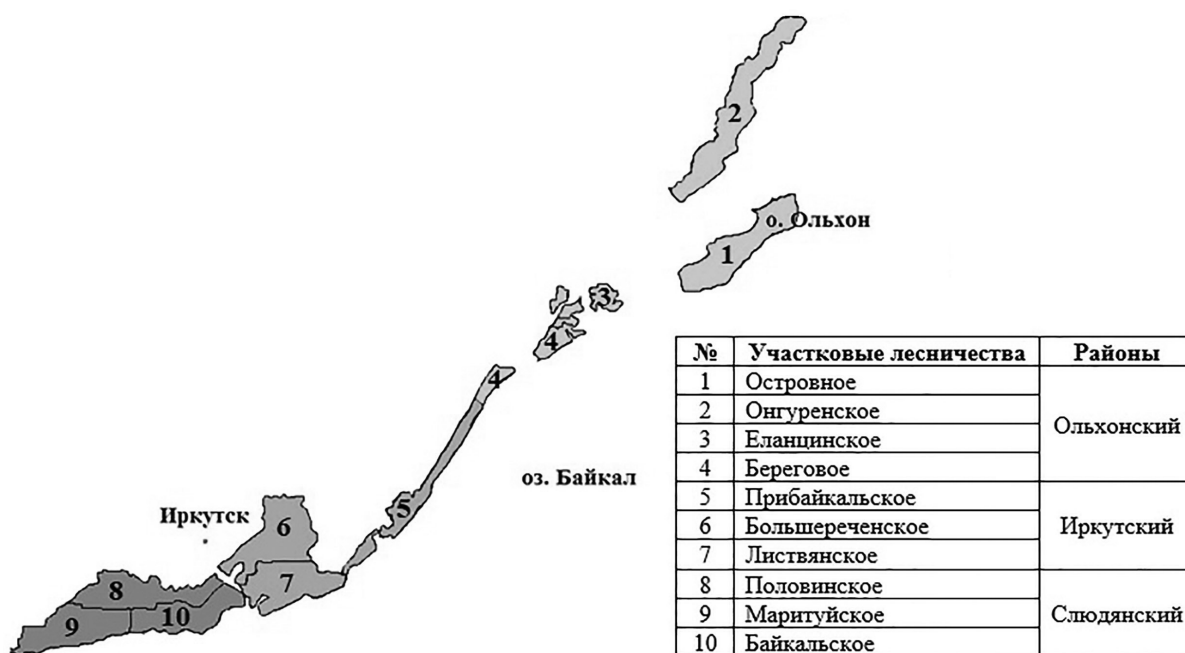


Рис. 1. Схема расположения районов и лесничеств Прибайкальского национального парка (составлено в программе «QGIS»)



управлять ресурсами национального парка наиболее эффективно и рационально.

Климат территории исследования имеет общие черты континентального типа. Среднегодовая температура в Прибайкальском парке близка к 0°C, при этом средняя температура января до -18°C, июля до +15°C. Абсолютный максимум температур плюс 29°C, минимум – минус 32–33°C. Влияние холодной водной массы Байкала сказывается летом в ослаблении восходящих потоков воздуха и в уменьшении облачности. В связи с этим на побережье преобладает ясная с переменной облачностью погода [4]. Наибольшее количество осадков приходится на период апрель – октябрь. Годовая сумма летних осадков в южной части парка 500–600 мм, минимальная в Приольхонье и на Ольхоне – 150–200 мм. Снежный покров устанавливается в середине ноября и разрушается в конце апреля. Скорости основных ветров могут достигать 25–40 м/с, время наиболее сильных ветров – ноябрь. В летний период преобладают ветры западного и юго-западного направления, а в зимний – юго-западного и северного [3].

Территория Прибайкальского национального парка является частью гор Южной Сибири и входит в состав Прибайкальской лесорастительной области, целиком относясь к Приморскому округу Западно-Прибайкальской провинции. Список флоры парка включает порядка 1385 видов сосудистых растений. Охранный статус в настоящее время имеют 100 видов, включенных в Крас-

ную книгу растений Иркутской области (из них 19 видов занесены в Красную книгу Российской Федерации) [5].

Методы исследования

На первом этапе исследования были проанализированы данные из государственных докладов «О состоянии и об охране окружающей среды Иркутской области» [6, 7] и летописей природы Прибайкальского национального парка [8–10]. Динамика лесных пожаров на территории национального парка за 2017–2019 гг. представлена в табл. 1. Кроме того, для последующего сравнительного анализа была изучена динамика пожаров на территории Иркутской области за исследуемый период (рис. 2).

Далее были произведены расчёт токсикантов, поступающих в атмосферный воздух, и оценка дальности их распространения от очагов возгораний в 2017–2019 гг. В качестве одного из методов использовалась стандартная «Методика расчета выбросов загрязняющих веществ от лесных пожаров» (2009 г.) [11], которая составлена и дополнена с учетом и на основе ранее введенной «методики определения и расчета выбросов загрязняющих веществ от лесных пожаров» (1997 г.) [12]. Выбор методики обусловлен возможностью производить расчеты большого спектра выбросов вредных газообразных и дисперсных веществ в атмосферу при неконтролируемом горении лесных

Таблица 1

Площади, пройденные пожарами на территории Прибайкальского национального парка за период 2017–2019 гг.

Год	Район	Лесничество	Дата возгорания и ликвидации	Выгоревшая площадь, га
2017	Иркутский	№ 1 Прибайкальское	20 июня – 23 июня	1,70
		№ 2 Большереченское	13 июля – 15 июля	160,00
		№ 3 Большереченское	6 августа – 9 августа	30,00
	Соудянский	№ 4 Маритуйское	28 апреля – 1 мая	283,00
		№ 5 Половинское	24 июня – 28 июня	134,00
	Ольхонский	№ 6 Островное	5 августа – 6 августа	0,80
		№ 7 Онгурённое	28 августа – 29 августа	0,60
2018	Иркутский	№ 8 Листвянское	28 апреля – 24 апреля	7,00
		№ 9 Прибайкальское	3 мая – 3 мая	0,08
		№ 10 Листвянское	20 августа – 21 августа	0,04
	Слюдянский	№ 11 Байкальское	6 мая – 6 мая	3,00
		№ 12 Байкальское	2 сентября – 3 сентября	0,90
	Ольхонский	№ 13 Островное	14 августа – 15 августа	10,00
2019	Иркутский	№ 14 Листвянское	15 апреля – 16 апреля	1,50
		№ 15 Листвянское	15 апреля – 16 апреля	0,10
		№ 16 Листвянское	15 апреля – 16 апреля	1,10
		№ 17 Прибайкальское	7 мая – 14 мая	1250,00
		№ 18 Листвянское	3 июля – 9 июля	8,00
	Ольхонский	№ 19 Еланцинское	20 июля – 23 июля	17,00

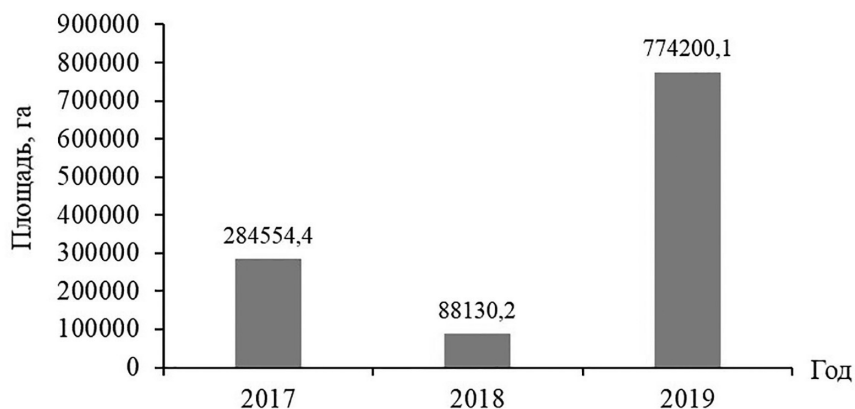


Рис. 2. Площадь лесных пожаров в период 2017–2019 гг. на территории Иркутской области

горючих материалов (ЛГМ) на пожарах разного типа (низовых, верховых и торфяных). Выбросы загрязнителей атмосферы рассчитывались как сумма токсикантов, выделившихся при сгорании ЛГМ и древесины. В качестве значений массы древесины и ЛГМ были взяты усредненные значения, применение которых доказано рядом авторов. Так, например, учеными было научно обоснованно применение значения 2 кг/м^2 в качестве массы древесины, $0,25 \text{ кг/м}^2$ – в качестве массы ЛГМ. Коэффициент полноты сгорания K учитывает, какая часть исходной массы ЛГМ или древесины сгорела при пожаре: для древесины принимается значение $0,3$, для ЛГМ – $0,1$. Из чего следует, что коэффициент недожога равен $0,7$ для древесины и $0,9$ – для ЛГМ [11].

Масса токсикантов, полученная расчетным путем на предыдущем этапе в рамках настоящего исследования (табл. 2–9), была использована в качестве входной информации в программный комплекс (ПК) «Эколог» (фирмы «Интеграл», г. Санкт-Петербург), базирующийся на «Методах расчетов рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе» [13], для расчета концентраций вредных веществ, поступающих от лесных пожаров, и последующего построения карт распространения выбросов по территории Прибайкальского национального парка в 2019 г. Поскольку лесные пожары не являются постоянными источниками выбросов загрязняющих веществ, как, например, стационарные источники промышленных предприятий, автомобильный транспорт или торфяные пожары, выбросы от лесных пожаров одномоментны, поступают в атмосферу в течение нескольких часов (суток). В связи с этим в настоящей статье сравнение концентраций, создающихся в результате выбросов от лесных пожаров, проводилось с максимальными разовыми предельно допустимыми концентрациями ($\text{ПДК}_{\text{мр}}$), рассчитанными на 20–30-минутный интервал пребывания живых организмов в зоне загрязнения [13].

Для построения карт распространения выбросов от лесных пожаров на территории При-

байкальского национального парка в ПК «Эколог» использовались метеорологические параметры (коэффициент, зависящий от температурной стратификации атмосферы, определяющий условия горизонтального и вертикального рассеивания примесей в атмосферном воздухе (200), направление и скорость ветра), регистрируемые на ближайших метеорологических станциях (табл. 10) [14], а также координаты пространственного расположения выбранных очагов возгораний, площади пожаров и коэффициент учета рельефа местности (1).

В результате проведенных расчетов было проведено сравнение значений концентраций, полученных с помощью программы «Эколог», с установленными санитарно-гигиеническими нормативами.

Результаты исследования и их обсуждение

В ходе анализа статистических данных было выявлено, что в 2019 году в Иркутской области были обнаружены масштабные лесные пожары. Площадь возгораний и их количество превысили среднегодовые значения примерно в 1,5 раза [15]. Более 66% лесных пожаров возникли по вине человека. В Прибайкальском национальном парке было ликвидировано 6 очагов возгорания. Расположение очагов пожаров представлено на рис. 3. Так, наибольшая выгоревшая площадь составила 1250 га на территории Прибайкальского лесничества в 2019 г., наименьшая – в Листвянском лесничестве в 2018 г. ($0,04$ га). В 2019 г. в Слюдянском районе возгораний не было выявлено (см. табл. 1). Большую площадь лесных пожаров составили очаги, которые находились в зоне контроля, но в труднодоступных местах, без доступа авиатрулирования к ним, в результате чего тушение пожаров оказалось нецелесообразным по экономическим причинам.

Расчеты выбросов загрязняющих веществ по стандартной методике [11] были проведены для трех районов Прибайкальского национального парка (Иркутского, Слюдянского и Ольхонского)



Таблица 2

Расчет массы токсикантов в лесничествах Иркутского района в 2017 г.

Общая масса токсиканта, попавшего в атмосферу, M_p , кг	Масса токсиканта, попавшего в атмосферу при сгорании ЛГМ, $M_p^{ЛГМ}$, кг	Масса токсиканта, попавшего в атмосферу при сгорании древесины, $M_p^Д$, кг			
<i>Прибайкальское лесничество (20 июня – 23 июня)</i>					
Оксид углерода	544,2	Диоксид азота	1,549125	Акролеин	2,08845
Диоксид углерода	544,2	Диоксид серы	0,003825	Ацетон	5,56920
Сажа	42,3	Сероводород	0,003825	Ацетальдегид	45,94590
–	–	Формальдегид	0,003825	–	–
–	–	Уксусная кислота	0,003825	–	–
<i>Большереченское лесничество (13 июля – 15 июля)</i>					
Оксид углерода	51220,8	Диоксид азота	145,80	Акролеин	196,56
Диоксид углерода	51220,8	Диоксид серы	0,36	Ацетон	524,16
Сажа	3977,8	Сероводород	0,36	Ацетальдегид	4324,32
–	–	Формальдегид	0,36	–	–
–	–	Уксусная кислота	0,36	–	–
<i>Большереченское лесничество (6 августа – 9 августа)</i>					
Оксид углерода	9603,9	Диоксид азота	27,3375	Акролеин	36,855
Диоксид углерода	9603,9	Диоксид серы	0,0675	Ацетон	98,280
Сажа	745,8	Сероводород	0,0675	Ацетальдегид	810,810
–	–	Формальдегид	0,0675	–	–
–	–	Уксусная кислота	0,0675	–	–

Таблица 3

Расчет массы токсикантов в лесничествах Слюдянского района в 2017 г.

Общая масса токсиканта, попавшего в атмосферу, M_p , кг	Масса токсиканта, попавшего в атмосферу при сгорании ЛГМ, $M_p^{ЛГМ}$, кг	Масса токсиканта, попавшего в атмосферу при сгорании древесины, $M_p^Д$, кг			
<i>Маритуйское лесничество (28 апреля – 1 мая)</i>					
Оксид углерода	90596,8	Диоксид азота	257,88375	Акролеин	347,6655
Диоксид углерода	90596,8	Диоксид серы	0,63675	Ацетон	927,1080
Сажа	7035,8	Сероводород	0,63675	Ацетальдегид	7648,6410
–	–	Формальдегид	0,63675	–	–
–	–	Уксусная кислота	0,63675	–	–
<i>Половинское лесничество (24 июня – 28 июня)</i>					
Оксид углерода	42897,4	Диоксид азота	122,1075	Акролеин	164,619
Диоксид углерода	42897,4	Диоксид серы	0,3015	Ацетон	438,984
Сажа	3331,4	Сероводород	0,3015	Ацетальдегид	3621,618
–	–	Формальдегид	0,3015	–	–
–	–	Уксусная кислота	0,3015	–	–

Таблица 4

Расчет массы токсикантов в лесничествах Ольхонского района в 2017 г.

Общая масса токсиканта, попавшего в атмосферу, M_p , кг	Масса токсиканта, попавшего в атмосферу при сгорании ЛГМ, $M_p^{ЛГМ}$, кг	Масса токсиканта, попавшего в атмосферу при сгорании древесины, $M_p^Д$, кг			
<i>Островное лесничество (5 августа – 6 августа)</i>					
Оксид углерода	256,1	Диоксид азота	0,729	Акролеин	0,9828
Диоксид углерода	256,1	Диоксид серы	0,0018	Ацетон	2,6208
Сажа	19,9	Сероводород	0,0018	Ацетальдегид	21,6216
–	–	Формальдегид	0,0018	–	–
–	–	Уксусная кислота	0,0018	–	–
<i>Онгуренское лесничество (28 августа – 29 августа)</i>					
Оксид углерода	192,1	Диоксид азота	0,54675	Акролеин	0,7371
Диоксид углерода	192,1	Диоксид серы	0,00135	Ацетон	1,9656
Сажа	14,9	Сероводород	0,00135	Ацетальдегид	16,2162
–	–	Формальдегид	0,00135	–	–
–	–	Уксусная кислота	0,00135	–	–



Таблица 5

Расчет массы токсикантов в лесничествах Иркутского района в 2018 г.

Общая масса токсиканта, попавшего в атмосферу, M_i , кг		Масса токсиканта, попавшего в атмосферу при сгорании ЛГМ, $M_i^{ЛГМ}$, кг		Масса токсиканта, попавшего в атмосферу при сгорании древесины, M_i^D , кг	
<i>Листвянское (23 апреля – 23 апреля)</i>					
Оксид углерода	2 240,9	Диоксид азота	6,379	Акролеин	8,6
Диоксид углерода	2 240,9	Диоксид серы	0,016	Ацетон	22,9
Сажа	174,0	Сероводород	0,016	Ацетальдегид	189,2
–	–	Формальдегид	0,016	–	–
–	–	Уксусная кислота	0,016	–	–
<i>Прибайкальское (3 мая – 3 мая)</i>					
Оксид углерода	3,3	Диоксид азота	0,00580	Акролеин	0,1
Диоксид углерода	3,3	Диоксид серы	0,00012	Ацетон	0,3
Сажа	0,2	Сероводород	0,00012	Ацетальдегид	2,2
–	–	Формальдегид	0,00012	–	–
–	–	Уксусная кислота	0,00012	–	–
<i>Листвянское (20 августа – 20 августа)</i>					
Оксид углерода	12,2	Диоксид азота	0,03545	Акролеин	0,00087
Диоксид углерода	12,2	Диоксид серы	0,00090	Ацетон	0,00024
Сажа	1,0	Сероводород	0,00090	Ацетальдегид	0,00210
–	–	Формальдегид	0,00090	–	–
–	–	Уксусная кислота	0,00090	–	–

Таблица 6

Расчет массы токсикантов в лесничествах Слюдянского района в 2018 г.

Общая масса токсиканта, попавшего в атмосферу, M_i , кг		Масса токсиканта, попавшего в атмосферу при сгорании ЛГМ, $M_i^{ЛГМ}$, кг		Масса токсиканта, попавшего в атмосферу при сгорании древесины, M_i^D , кг	
<i>Байкальское (6 мая – 6 мая)</i>					
Оксид углерода	960,4	Диоксид азота	2,7340	Акролеин	3,7
Диоксид углерода	960,4	Диоксид серы	0,0070	Ацетон	9,8
Сажа	74,6	Сероводород	0,0070	Ацетальдегид	81,1
–	–	Формальдегид	0,0070	–	–
–	–	Уксусная кислота	0,0070	–	–
<i>Байкальское (2 сентября – 3 сентября)</i>					
Оксид углерода	288,1	Диоксид азота	0,8201	Акролеин	1,1
Диоксид углерода	288,1	Диоксид серы	0,0020	Ацетон	2,9
Сажа	22,4	Сероводород	0,0020	Ацетальдегид	24,3
–	–	Формальдегид	0,0020	–	–
–	–	Уксусная кислота	0,0020	–	–

Таблица 7

Расчет массы токсикантов в лесничествах Ольхонского района в 2018 г.

Общая масса токсиканта, попавшего в атмосферу, M_i , кг		Масса токсиканта, попавшего в атмосферу при сгорании ЛГМ, $M_i^{ЛГМ}$, кг		Масса токсиканта, попавшего в атмосферу при сгорании древесины, M_i^D , кг	
<i>Островное (14 августа – 15 августа)</i>					
Оксид углерода	3 201,3	Диоксид азота	9,1125	Акролеин	12,3
Диоксид углерода	3 201,3	Диоксид серы	0,0225	Ацетон	32,8
Сажа	248,6	Сероводород	0,0225	Ацетальдегид	270,3
–	–	Формальдегид	0,0225	–	–
–	–	Уксусная кислота	0,0225	–	–



Таблица 8

Расчет массы токсикантов в лесничествах Иркутского района в 2019 г.

Общая масса токсиканта, попавшего в атмосферу, M_p , кг		Масса токсиканта, попавшего в атмосферу при сгорании ЛГМ, $M_i^{ЛГМ}$, кг		Масса токсиканта, попавшего в атмосферу при сгорании древесины, $M_i^Д$, кг	
<i>Листвянское лесничество (15 апреля – 16 апреля)</i>					
Оксид углерода	480,2	Диоксид азота	1,3670	Акролеин	1,84
Диоксид углерода	480,2	Диоксид серы	0,0034	Ацетон	4,91
Сажа	37,3	Сероводород	0,0034	Ацетальдегид	40,54
–	–	Формальдегид	0,0034	–	–
–	–	Уксусная кислота	0,0034	–	–
<i>Листвянское лесничество (15 апреля – 16 апреля)</i>					
Оксид углерода	32,0	Диоксид азота	0,091000	Акролеин	0,12
Диоксид углерода	32,0	Диоксид серы	0,000225	Ацетон	0,33
Сажа	2,5	Сероводород	0,000225	Ацетальдегид	2,70
–	–	Формальдегид	0,000225	–	–
–	–	Уксусная кислота	0,000225	–	–
<i>Листвянское лесничество (15 апреля – 16 апреля)</i>					
Оксид углерода	352,1	Диоксид азота	1,0024	Акролеин	1,35
Диоксид углерода	352,1	Диоксид серы	0,0025	Ацетон	3,60
Сажа	27,3	Сероводород	0,0025	Ацетальдегид	29,73
–	–	Формальдегид	0,0025	–	–
–	–	Уксусная кислота	0,002475	–	–
<i>Прибайкальское лесничество (7 мая – 14 мая)</i>					
Оксид углерода	400 162,5	Диоксид азота	1 139,06	Акролеин	1 535,6
Диоксид углерода	400 162,5	Диоксид серы	2,81	Ацетон	4 095,0
Сажа	31 076,9	Сероводород	2,81	Ацетальдегид	33 783,8
–	–	Формальдегид	2,81	–	–
–	–	Уксусная кислота	2,81	–	–
<i>Листвянское лесничество (3 июля – 9 июля)</i>					
Оксид углерода	2 561,0	Диоксид азота	7,290	Акролеин	9,8
Диоксид углерода	2 561,0	Диоксид серы	0,018	Ацетон	26,2
Сажа	198,9	Сероводород	0,018	Ацетальдегид	216,2
–	–	Формальдегид	0,018	–	–
–	–	Уксусная кислота	0,018	–	–

Таблица 9

Расчет массы токсикантов в лесничествах Ольхонского района в 2019 г.

Общая масса токсиканта, попавшего в атмосферу, M_p , кг		Масса токсиканта, попавшего в атмосферу при сгорании ЛГМ, $M_i^{ЛГМ}$, кг		Масса токсиканта, попавшего в атмосферу при сгорании древесины, $M_i^Д$, кг	
<i>Еланцинское лесничество (20 июля – 23 июля)</i>					
Оксид углерода	5 442,2	Диоксид азота	15,490	Акролеин	20,9
Диоксид углерода	5 442,2	Диоксид серы	0,038	Ацетон	55,7
Сажа	422,6	Сероводород	0,038	Ацетальдегид	459,5
–	–	Формальдегид	0,038	–	–
–	–	Уксусная кислота	0,038	–	–

Примечание. Пустые ячейки в табл. 2–9 обусловлены разным компонентным составом эмиссий, поступающих в атмосферу при сжигании древесины и ЛГМ.

Таблица 10

Метеорологические параметры, используемые при построении карт распространения выбросов в программе «Эколог» (2019 г.)

Метеостанция	Дата	t_{max} , °C	t_{min} , °C	Скорость ветра, м/с	Направление ветра							
					С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
Большое Голоустное	15.04	7,3	3,9	3	13	–	11	–	3	3	–	–
	07.05	20,6	3,7	7	8	–	–	–	1	7	3	14
	03.07	25,9	10,6	4	6	2	7	2	6	–	–	–
Хужир	20.07	21,4	16,2	3	1	12	2	–	–	–	–	–

Примечание. t_{max} – максимальная температура воздуха; t_{min} – минимальная.

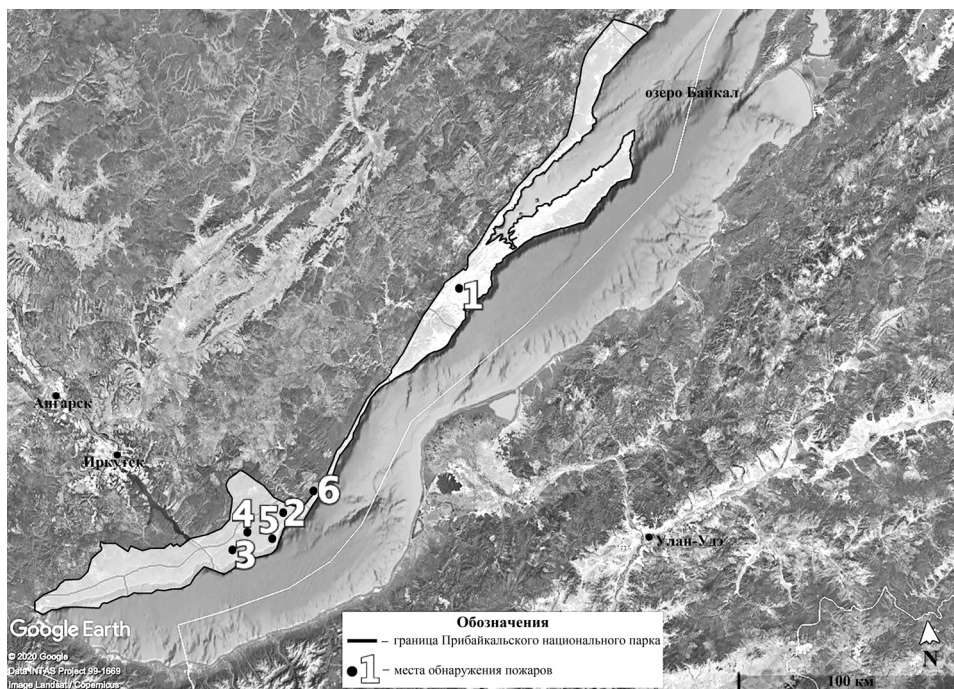
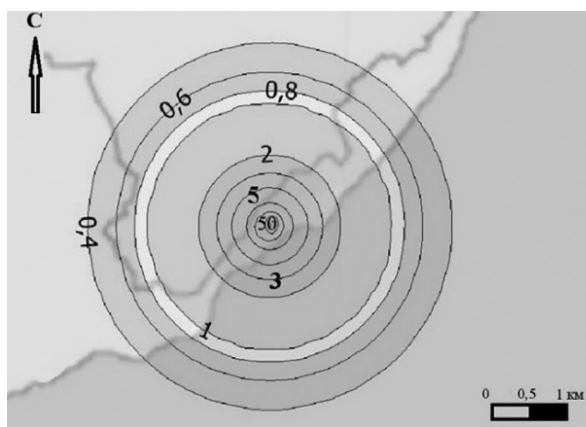


Рис. 3. Карта очагов лесных пожаров на территории Прибайкальского национального парка в 2019 г.: 1 – Еланцинское лесничество (20.07.2019; 1,5 га); 2 – Листвянское (15.04.2019; 1,5 га); 3 – Листвянское (15.04.2019; 0,1 га); 4 – Листвянское (15.04.2019; 1,1 га); 5 – Листвянское (3.07.2019; 8 га); 6 – Прибайкальское (7.05.2019; 1250 га)

отдельно по каждому лесничеству, на территории которых зарегистрированы очаги возгораний в исследуемый период – 2017–2019 гг. (см. табл. 1). Проведенные расчеты позволили сделать вывод о том, что масса токсикантов, попавших в атмосферу, зависит от площади, пройденной пожаром. Можно заметить, что наибольшие значения выбросов, которые выделились при горении древесины и ЛГМ на территориях лесничеств Прибайкальского национального парка, пришлось на оксид углерода, диоксид углерода и сажу.

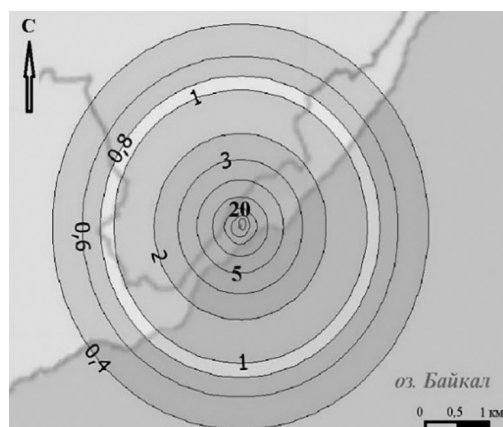
Масса выделившихся загрязняющих веществ при горении древесины намного больше, чем при горении ЛГМ (в среднем в 34 раза). В то же время при горении древесины наибольшим значением массы обладает вещество ацетальдегид, которое относится к I классу опасности (см. табл. 2–9).

Карты распределения концентраций токсикантов на территории Прибайкальского национального парка в наиболее пожароопасный период – 2019 г. – представлены на рис. 4–7. Для лучшей визуализации полученных результатов изолинии



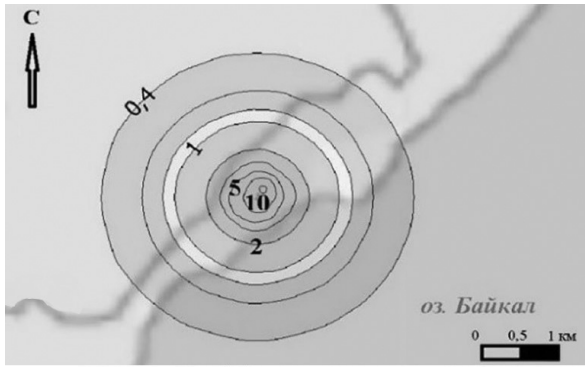
— граница Прибайкальского национального парка
1 и > – доли ПДК_{кр}

Рис. 4. Карта распределения концентраций акролеина на территории Прибайкальского национального парка от лесных пожаров в 2019 г.



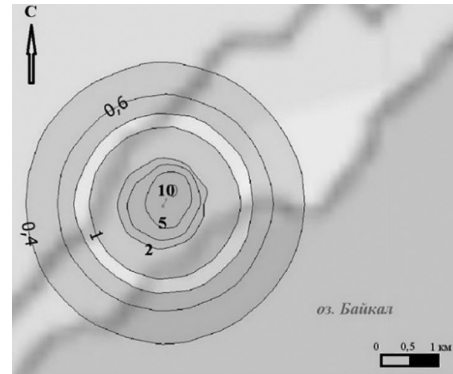
— граница Прибайкальского национального парка
1 и > – доли ПДК_{кр}

Рис. 5. Карта распределения концентраций оксида углерода на территории Прибайкальского национального парка от лесных пожаров в 2019 г.



— граница Прибайкальского национального парка
1 и > – доли ПДК_{мр}

Рис. 6. Карта распределения концентраций ацетона на территории Прибайкальского национального парка от лесных пожаров в 2019 г.



— граница Прибайкальского национального парка
1 и > – доли ПДК_{мр}

Рис. 7. Карта распределения концентраций диоксида азота на территории Прибайкальского национального парка от лесных пожаров в 2019 г.

расчетных концентраций загрязняющих веществ были совмещены с картами, взятыми из программы «QGIS». В качестве примера для расчета распространения выбросов в программе «Эколог» был взят лесной пожар на территории лесничества «Прибайкальское» (см. рис. 3), площадь которого составила 1250 га. Пожар был обнаружен 7 мая, ликвидировать его удалось только 14 мая. За это время в атмосферный воздух выделились следующие вредные вещества: акролеин – максимальная концентрация составила 50 ПДК_{мр} (см. рис. 4), оксид углерода – максимальные концентрации составили 20 ПДК_{мр} (см. рис. 5), ацетон (см. рис. 6) и диоксид азота – значения ПДК_{мр} превышены в 10 раз (см. рис. 7).

На данном этапе исследования опытным путём было установлено, что программный комплекс «Эколог» имеет ряд недостатков, так, например, пренебрежение характеристиками рельефа местности и метеорологическими параметрами для одиночных источников (лесных пожаров) позволяет воспринимать полученные результаты скорее как качественные, чем количественные.

Заключение

Особо охраняемые природные территории создаются для сохранения уникального биоразнообразия и поддержания природных комплексов в их естественном состоянии. Лесные пожары также являются естественным фактором природной среды. Полное исключение огня как природного фактора невозможно. Однако увеличение площадей возгорания совершенно не допустимо. Пожары приводят к температурным аномалиям и гибели людей, изменению циркуляционных и гидрологических процессов, которые могут заметно повлиять на увеличение количества и площади возгорания, уничтожению животных, растительности, населенных пунктов, промышленных предприятий, естественного и культурного наследия,

лесного фонда, выводу из строя линий электропередач, изменению состава атмосферного воздуха.

В статье были собраны и систематизированы данные, полученные из государственных докладов и летописей природы Прибайкальского национального парка, находящегося в ведомстве ФГБУ «Заповедное Прибайкалье». Анализ статистических данных позволил заключить, что наиболее пожароопасным годом был 2019, максимальная площадь возгорания составила 1250 га, наименьшая выгоревшая площадь – в 2018 г. (0,04 га).

Расчеты количества эмиссий, поступающих в атмосферный воздух при лесных пожарах, по стандартной методике позволили сделать следующие выводы:

- при горении древесины и ЛГМ на территориях лесничеств в 2017–2019 гг. в атмосферу поступило наибольшее количество оксида углерода, диоксида углерода и ацетальдегида;

- масса выделившихся загрязняющих веществ при горении древесины превышает их массу при горении ЛГМ в 34 раза.

Анализ полученных с помощью программы «Эколог» результатов позволил сделать следующие выводы:

- в атмосферный воздух поступила наибольшая масса токсикантов в результате лесного пожара 07.05.2019 в Прибайкальском лесничестве;

- приоритетными загрязняющими веществами, поступившими в атмосферный воздух от лесных пожаров, явились оксид углерода и ацетальдегид. Концентрации данных веществ максимальны и согласно проведённым расчётам превышали значения ПДК_{мр} в 20–50 раз соответственно, с максимальными радиусами распространения 100 м от эпицентров пожаров.

Таким образом, выбросы от лесных пожаров на ООПТ распространяются на значительные расстояния и вносят огромный вклад в загрязнение атмосферы. Подводя итог, следует отметить, что в результате неконтролируемого горения ЛГМ и дре-



весины на территориях лесничеств Прибайкальского национального парка за рассматриваемый пожароопасный период (2019 г.) в атмосферный воздух поступил большой спектр выбросов вредных газообразных и дисперсных веществ.

Необходимо постоянное проведение мероприятий по снижению объема выбросов загрязняющих веществ, поступающих в атмосферный воздух в результате лесных пожаров, возникающих на ООПТ:

– создание организованного пропускного пункта для отслеживания количества посетителей;

– ограничение лесной рекреации в пожароопасный период в целях сокращения неорганизованного потока людей на заповедной территории [16];

– проведение мониторинга возгораний с помощью беспилотных летательных аппаратов, усиление авиапатрулирования, использование спутникового мониторинга с высоким разрешением снимков;

– установка автоматических станций контроля загрязнения атмосферы на территориях с высокой вероятностью возникновения и распространения лесных пожаров;

– организация эффективной метеорологической сети путем установки дополнительных метеостанций для повышения точности прогнозов [16].

Библиографический список

1. Воронова О. С. Зима А. Л., Кладов В. Л., Черепанова Е. В. Аномальные пожары на территории Сибири летом 2019 г. // Исследование Земли из космоса. М.: Издательство РАН, 2020. С. 70–82.
2. Заповедное Прибайкалье [Электронный ресурс]. URL: <https://baikal-1.ru>. (дата обращения: 10.06.2020).
3. Кадастровый отчет по ООПТ национальный парк федерального значения «Прибайкальский». Иркутск: ИАС «ООПТ России», 2017. 14 с.
4. Прибайкальский национальный парк. Заповедное Прибайкалье [Электронный ресурс]. URL: <https://baikal-1.ru> (дата обращения: 04.04.2019).
5. Прибайкальский национальный парк. Заповедники и национальные парки мира [Электронный ресурс]. URL: <http://www.zapovedniki-mira.com> (дата обращения: 08.04.2019).
6. О состоянии и об охране окружающей среды Иркутской области в 2017 году: гос. доклад. Иркутск: ООО «Мегапринт», 2018. 249 с.
7. О состоянии и об охране окружающей среды Иркутской области в 2018 году: гос. доклад. Иркутск: ООО «Мегапринт», 2019. 307 с.
8. Летопись природы Государственного природного заповедника «Байкало-Ленский» и Прибайкальского национального парка за 2017 г. Иркутск: ФГБУ «Заповедное Прибайкалье», 2018. 463 с.
9. Летопись природы Государственного природного заповедника «Байкало-Ленский» и Прибайкальского национального парка за 2018 г. Иркутск: ФГБУ «Заповедное Прибайкалье», 2019. 423 с.
10. Летопись природы Государственного природного заповедника «Байкало-Ленский» и Прибайкальского национального парка за 2019 г. Иркутск: ФГБУ «Заповедное Прибайкалье», 2020. 380 с.
11. Гармышев В. В., Зырянов В. С., Матюшин В. П. Экологические последствия лесных пожаров на территории Иркутской области. Иркутск: Издательство Иркутского государственного университета, 2009. 145 с.
12. Методика определения и расчета выбросов загрязняющих веществ от лесных пожаров. Приложение 2 к Приказу Государственного комитета Российской Федерации по охране окружающей среды от 5 марта 1997 г. № 90 [Электронный ресурс]. URL: <http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=EXP&n=357188#030895540946237654> (дата обращения: 10.04.2020).
13. 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: 10.02.2020).
14. Прогноз погоды [Электронный ресурс]. URL: <https://m.gp5.ru> (дата обращения: 20.04.2020).
15. Пожары в Иркутской области в 2019 году уничтожили 1,5 млн га леса [Электронный ресурс]. URL: <https://tass.ru> (дата обращения: 07.06.2020).
16. Новикова С. А., Щербакова И. В. Количественная оценка выбросов загрязняющих веществ от лесных пожаров на территории Байкало-Ленского заповедника // Российская цивилизация: история, проблемы, перспективы: материалы XXIII межрегион. молодежной науч.-практ. конф. с междунар. участием. Иркутск: Оттиск, 2020. С. 525–529.

Образец для цитирования:

Новикова С. А., Щербакова И. В. Загрязнение территории Прибайкальского национального парка выбросами от лесных пожаров // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2020. Т. 20, вып. 4. С. 240–249. DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2020-20-4-240-249>

Cite this article as:

Novikova S. A., Shcherbakova I. V. Pollution of the Territory of the Pribaikalsky National Park by Emissions from Forest Fires. *Izv. Saratov Univ. (N. S.), Ser. Earth Sciences*, 2020, vol. 20, iss. 4, pp. 240–249 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2020-20-4-240-249>



УДК 633.551.5

Оценка степени благоприятности перезимовки озимых культур на территории Саратовской области

С. И. Пряхина, Е. И. Ормели

Пряхина Софья Ивановна, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, psi267269@yandex.ru

Ормели Екатерина Ивановна, ассистент, Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, meteokatenok@mail.ru

В статье по ежедневным метеорологическим данным за 1941–2019 гг. представлена агроклиматическая характеристика зимнего сезона по станции Саратов Юго-Восток (ЮВ) и за последние 10 лет по станциям Саратовской области (Хвалынский, Балашов, Ершов, Александров Гай). По станции Саратов ЮВ за 1962–2019 гг. проведена балльная оценка степени благоприятности перезимовки озимых культур.

Ключевые слова: потепление климата, зимний период, степень благоприятности перезимовки озимых культур.

Поступила в редакцию: 14.07.2020 / Принята: 21.09.2020 / Опубликована: 30.11.2020

Статья опубликована на условиях лицензии Creative Commons Attribution License (CC-BY 4.0)

Evaluating the Degree of Favourable Overwintering of Winter Crops on the Territory of the Saratov Region

S. I. Pryakhina, E. I. Ormeli

Sofya I. Pryakhina, <https://orcid.org/0000-0002-7226-6129>, Saratov State University, 83 Astrakhanskaya St., Saratov 410012, Russia, psi267269@yandex.ru

Ekaterina I. Ormeli, <https://orcid.org/0000-0002-0486-4047>, Saratov State University, 83 Astrakhanskaya St., Saratov 410012, Russia, meteokatenok@mail.ru

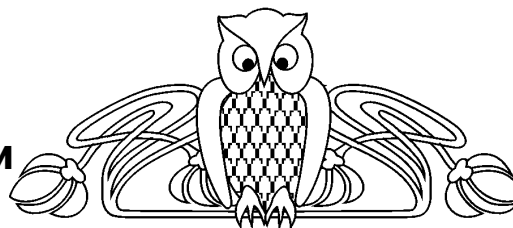
The article presents the agroclimatic characteristic of the winter season on daily meteorological weather data for 1941–2019 at the Saratov South-East (SE) station. The agroclimatic characteristic of the winter season at the stations of the Saratov region (Khvalynsk, Balashov, Ershov, Alexandrov Gai) is presented for the last 10 years. The point rating of the degree of favorable overwintering of winter crops was carried out at the Saratov SE station for 1962–2019.

Keywords: climate warming, winter period, the degree of favourable overwintering of winter crops.

Received: 14.07.2020 / Accepted: 21.09.2020 / Published: 30.11.2020

This is an open access article distributed under the terms of Creative Commons Attribution License (CC-BY 4.0)

DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2020-20-4-250-255>



Введение

Основной особенностью современных изменений климата является глобальное потепление, которое стало наблюдаться с начала 1970-х гг. Происходящие изменения климата не могут не вызывать серьезной озабоченности, поскольку их влияние на природные и хозяйственные системы, на население становятся все более заметными [1]. В Саратовской области особенно четко потепление климата проявляется в зимний период.

Материалом для исследования зимнего сезона в регионе послужили ежедневные метеорологические данные по станции Саратов Юго-Восток (ЮВ) за 1941–2019 гг. и четырем станциям Саратовской области (Хвалынский, Балашов, Ершов, Александров Гай) за 2005–2017 гг. Балльная оценка степени благоприятности перезимовки озимой пшеницы проводилась с использованием статистических данных о гибели озимых культур за 1962–2019 гг. по станции Саратов ЮВ.

Климатическая характеристика зимнего сезона

С глобальным потеплением климата сдвинулись границы климатических сезонов года. По станции Саратов ЮВ в среднем за 1941–2019 гг. переход средней суточной температуры воздуха через 0°C осенью сдвинулся на более поздние сроки и приходится на 12 ноября (норма 6 ноября), весной – на более ранние – 26 марта (норма 2 апреля). Продолжительность зимнего периода сократилась на 14 дней по сравнению с климатической нормой [2] и составляет в среднем 134 дня (норма 148 дней). В последние два десятилетия (2000–2010 гг., 2011–2019 гг.) отмечались самые короткие зимы, их продолжительность составила соответственно 119 и 126 дня (рис. 1) [3].

За период с 1941 по 2019 г. наблюдается положительная аномалия температур воздуха всех зимних месяцев (ноябрь–март) в среднем на 1,3°C по сравнению с климатической нормой. Температуры воздуха с ноября по март за период с 2005 по 2017 г. превышают норму [2] на 2,0–3,0°C по всем станциям Саратовской области (рис. 2).

За каждый день по ежедневному фактическому материалу с ноября по март за 77 лет (1941 – 2019 гг.) были подсчитаны среднесуточные отрицательные температуры воздуха (рис. 3). Средняя многолетняя сумма отрицательных температур зимних месяцев составила минус

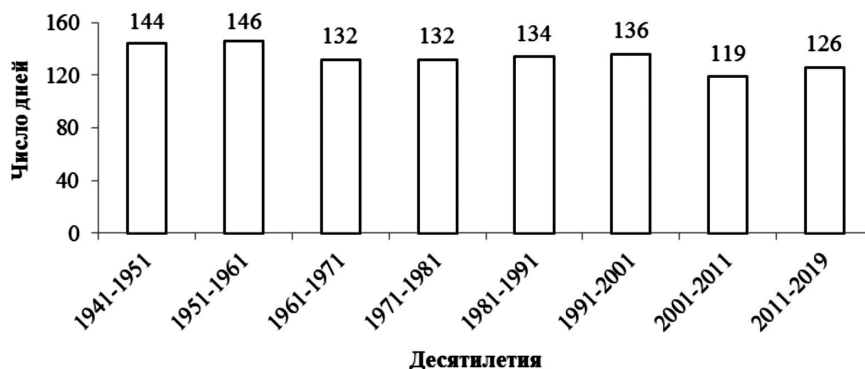


Рис. 1. Средняя продолжительность зимнего периода (ноябрь–март), станция Саратов ЮВ, 1941–2019 гг. (по десятилетиям)

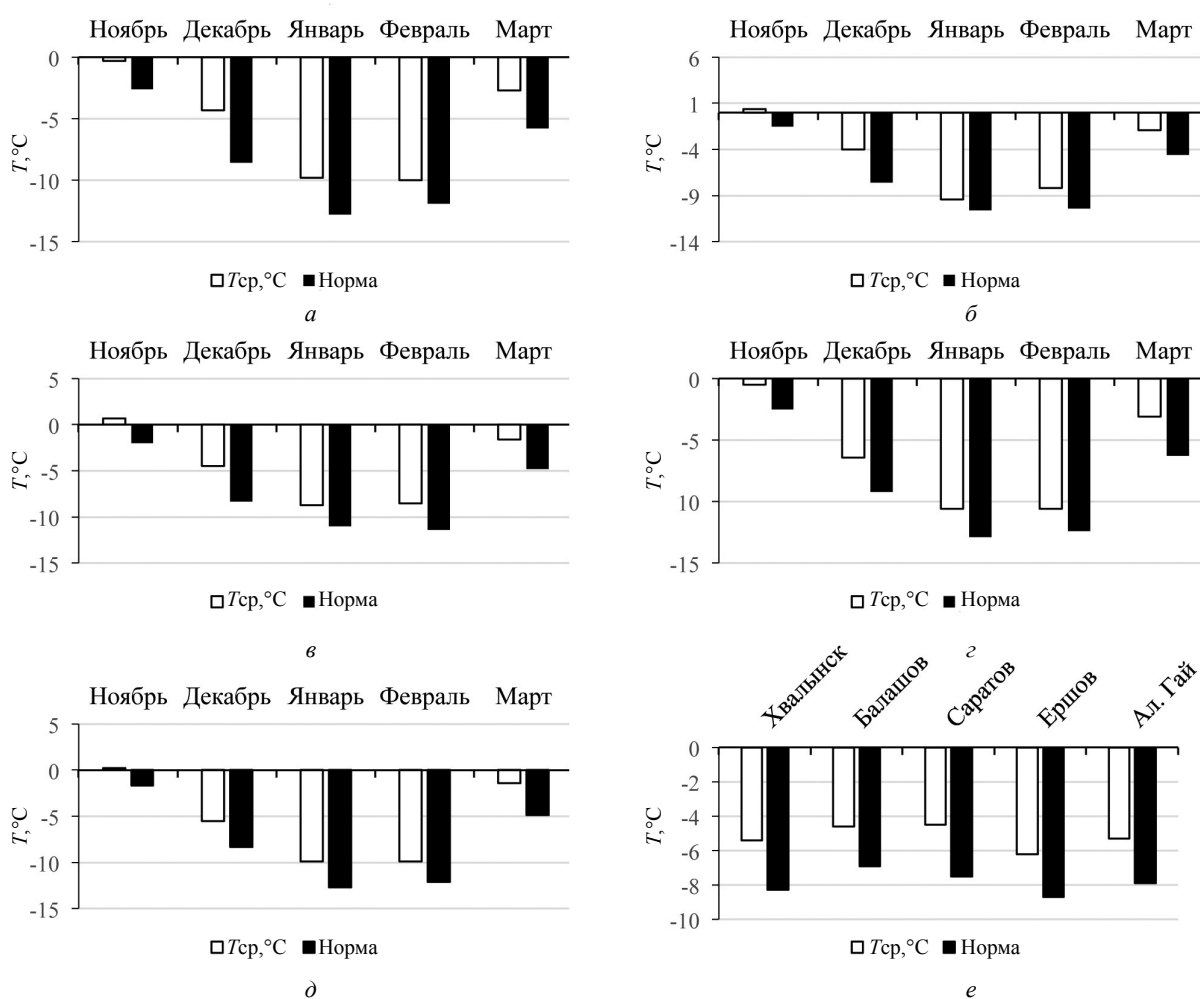


Рис. 2. Сравнительная оценка средней многолетней температуры воздуха зимних месяцев (ноябрь–март) с климатической нормой по станциям Саратовской области за 2005–2017 гг.: а – Хвалынский, б – Балашов, в – Саратов, г – Ершов, д – Александров Гай, е – среднее значение температуры воздуха за ноябрь–март по станциям



Рис. 3. Распределение сумм средних суточных отрицательных температур воздуха за зимний период (ноябрь–март), °С, станция Саратов ЮВ, 1941–2019 гг.

1015,0°С. Были выделены холодные, нормальные и теплые зимы. Зима считалась теплой, если сумма отрицательных температур за ноябрь–март составляла минус 800,0°С и выше (менее 80% от средней многолетней), нормальной – от минус 800,0°С до минус 1200,0°С, к холодным были отнесены зимы с суммой отрицательных температур от минус 1200,0°С и ниже (более 120% от средней многолетней). Таким образом, с 1941 по 2019 г. наблюдалось 19 холодных зим, 31 нормальная, 28 теплых (см. рис. 3).

Самыми холодными были 40–60-е гг. прошлого столетия, когда повторяемость холодных

зим составляла от 4 до 6 за десятилетие. Начиная с 70-х гг. их повторяемость резко сократилась: за пять последних десятилетий наблюдалось всего 5 холодных зим.

С потеплением зимнего сезона заметно увеличилось количество осадков (табл. 1).

При анализе динамики осадков за пять зимних месяцев по станциям Саратовской области в районах Правобережья (Хвалынский, Балашов, Саратов) прослеживается превышение осадков над климатической нормой на 40,0 мм. Осадки заволжских районов близки к норме и составляют 137,0 мм в Ершове и 125,0 мм в Ал. Гае [3].

Таблица 1

Месячное количество осадков (ноябрь–март) по станциям Саратовской области в среднем за 2005–2017 гг. в сравнении с климатической нормой

Станция	Ноябрь		Декабрь		Январь		Февраль		Март	
	мм	Норма	мм	Норма	мм	Норма	мм	Норма	мм	Норма
Хвалынский	38,0	38,0	29,0	35,0	58,0	32,0	38,0	25,0	38,0	26,0
Балашов	44,0	40,0	49,0	41,0	50,0	33,0	36,0	29,0	35,0	28,0
Саратов	43,0	37,0	35,0	36,0	48,0	32,0	35,0	26,0	38,0	28,0
Ершов	30,0	37,0	26,0	30,0	29,0	26,0	23,0	21,0	28,0	22,0
Ал. Гай	23,0	32,0	27,0	29,0	29,0	25,0	20,0	21,0	26,0	20,0
Сумма осадков за ноябрь–март										
Хвалынский		Балашов		Саратов		Ершов		Ал. Гай		
мм	Норма	мм	Норма	мм	Норма	мм	Норма	мм	Норма	
201,0	156,0	214,0	171,0	198,0	159,0	137,0	136,0	125,0	127,0	

Балльная оценка степени благоприятности перезимовки озимой пшеницы

Географическое положение и климатические особенности Саратовской области позволяют возделывать достаточно широкий набор сельскохозяйственных культур. Озимой пшенице отводят ведущее место в посевах зерновых культур нашего региона. В структуре посевных площадей области озимые зерновые культуры занимают свыше 1 млн га, что составляет около 20% всей посевной площади [4]. Средняя урожайность озимой пше-

ницы в регионе составляет 3,0 т/га, в передовых хозяйствах – 5,0–6,0 т/га. По урожайности озимые превосходят многие яровые зерновые культуры из-за своей основной биологической особенности, которая заключается в том, что они имеют длительный, по сравнению с яровыми, вегетационный период. Благодаря этому они могут полнее использовать солнечную радиацию, тепло, влагу и питательные вещества.

Весь период роста и развития озимых зерновых культур делится на три цикла. Первый проходит от посева до осеннего глубокого похолодания.



За время этого цикла стебли и репродуктивные органы остаются в зачаточном состоянии, но идет усиленный рост листьев, боковых побегов и корневой системы. За второй цикл развития растений происходит приостановка роста и наступает период естественного, а затем и вынужденного покоя. И наконец, третий цикл – это период интенсивного роста, он начинается с возобновления вегетации и заканчивается формированием урожая и отмиранием растений [5].

Осенний период развития озимой пшеницы имеет решающее значение, поскольку культура проходит I и II этапы органогенеза, определяющие потенциал будущего урожая. Агрометеорологические условия, складывающиеся в осенний сезон, влияют на рост, развитие растений и их зимостойкость. Наибольший урожай дают растения оптимальных сроков сева, которые к концу осенней вегетации имеют 3–6 побега кустистости, достигли II этапа органогенеза и готовы к раннему весеннему выколашиванию.

Перезимовка сельскохозяйственных культур определяется биологическими особенностями растений, их состоянием в период прекращения осенней вегетации, степенью закалки и агрометеорологическими условиями холодного периода.

В течение зимнего сезона озимые часто подвергаются воздействию неблагоприятных условий, при этом состояние растений к началу весенней вегетации ухудшается, а в некоторые годы часть посевов озимых погибает.

В районах с устойчивым залеганием снежного покрова зимостойкость имеет хорошо выраженный сезонный ход. Наиболее слабой она бывает осенью после прекращения вегетации, затем возрастает после прохождения первой и особенно второй фазы закалки, достигая максимального значения в середине зимы, а во второй ее половине постепенно понижается до наименьших значений в момент возобновления весенней вегетации.

За критерий благоприятности сложившихся агрометеорологических условий в период перезимовки озимых был взят процент гибели растений на дату весеннего обследования посевов после

возобновления их вегетации. Анализ отдельных погодных условий, приводящих к тому или иному проценту гибели растений к весне, позволил выделить следующие комплексы агрометеорологических условий перезимовки и оценить их по трехбалльной шкале. К неблагоприятному типу с оценкой в 1 балл были отнесены холодные снежные и малоснежные зимы и умеренно холодные бесснежные зимы с наличием притертых ледяных корок и вымерзанием посевов более 25%. Удовлетворительной, с оценкой в 2 балла, считалась зимовка при умеренно холодной малоснежной и теплой и бесснежной зиме, когда гибель от притертых ледяных корок и вымерзания составляла от 11 до 24%. К благоприятным, с оценкой в 3 балла, были отнесены зимы с теплой, малоснежной и умеренно холодной снежной зимой, когда гибель озимых к весне не превышала естественного выпадения растений – менее 10%.

Оценка фактического материала за каждый зимний период и по десятилетиям показала, что самая большая повторяемость неблагоприятных зим с оценкой в 1 балл наблюдалась в 60-е гг. прошлого столетия (табл. 2).

С потеплением зимнего периода можно связать уменьшение вымерзания посевов. Если в 60-е гг. в среднем за десятилетие вымерзание составило 23,2%, то с каждым последующим десятилетием процент гибели уменьшается: в 70-е гг. 19,5%, в 80-е 16,7%, в 90-е 14,1% [6]. Оценка исследуемого материала показала, что в рассматриваемый период благоприятные условия зимовки отмечались в 16 случаях, удовлетворительные в 15 случаях, плохие – в 8 случаях.

Ход температуры воздуха и высоты снежного покрова по декадам с ноября по март по станции Саратов ЮВ за 1968–1969 гг. представлен на рис. 4. Зимний сезон характеризуется как малоснежный и очень холодный. Гибель посевов от вымерзания в этот год составила 60%. Средняя температура воздуха в январе отмечалась ниже нормы на 7–8°C, в феврале – на 3–4°C. При почти полном отсутствии снега на полях температура в течение 11 дней с 19 по 29 января опускалась ниже

Таблица 2

Оценка погодных условий по степени благоприятности перезимовки озимых культур, станция Саратов ЮВ, 1962–2017 гг. (по десятилетиям)

Годы	Суммы среднесуточных температур воздуха, °С (ноябрь–март)	Высота снежного покрова, см (февраль–март)	Количество погибших посевов, %	Характеристика зимы	Оценка в баллах
1962–1971	-1154,3	26,2	23,2	Нормальная	1,7
1971–1981	-975,3	26,5	19,5	Нормальная	2,4
1981–1991	-924,6	29,2	16,7	Нормальная	2,2
1991–2001	-869,5	28,7	14,1	Нормальная	2,4
2001–2011	-823,3	32,7	–	Нормальная	2,2
2011–2019	-786,5	27,9	–	Теплая	2,5
1962–2019	-922,0	28,5	–	Теплая	2,2

Примечание. Жирным шрифтом выделены средние значения за 1962–2019 гг.



минус 20°C, а минимальная температура держалась на отметке минус 35–40°C. Высота снежного покрова в конце зимы, как правило, не превышала 20 см, а в ряде районов области составляла 10 см.

Зимний сезон 2018–2019 гг. характеризуется как теплый и очень снежный (рис. 5) (подобная снежная погода наблюдалась зимой 1986–1987 гг.). В декабре в Саратове выпало 115 мм осадков, что составляет 2,5 месячной нормы. В

первые дни января прибавился еще 41 мм при месячной январской норме в 32 мм.

Устойчивый снежный покров наблюдался с начала декабря по 10 апреля. В исследуемый зимний сезон начиная со второй декады февраля озимые культуры были подвержены выпреванию, так как при положительных значениях температуры сохранялась значительная высота снежного покрова.

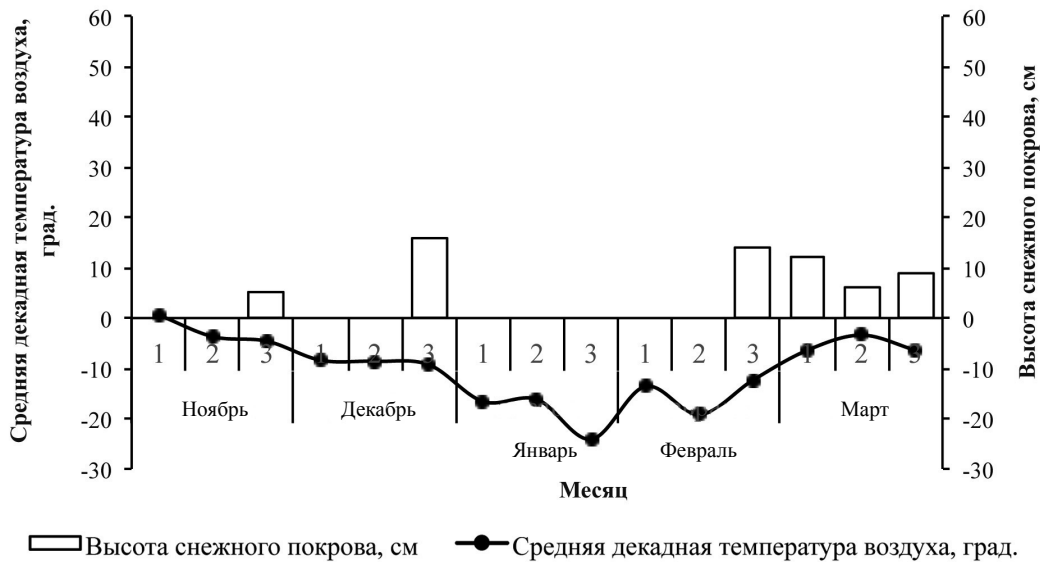


Рис. 4. Зимний сезон 1968–1969 гг., станция Саратов ЮВ

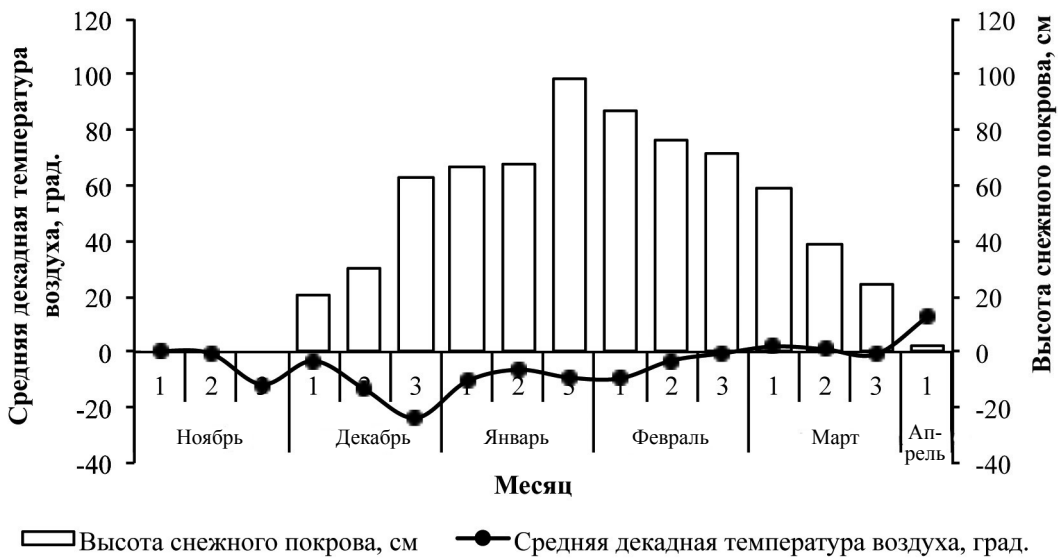


Рис. 5. Зимний сезон 2018–2019 гг., станция Саратов ЮВ



Выводы

Региональное потепление климата на территории Саратовской области наиболее активно проявляется в зимнее время. Сокращение продолжительности зимнего периода, повышение температуры воздуха всех зимних месяцев и увеличение повторяемости благоприятных типов погодных условий создают хорошие предпосылки для перезимовки озимых культур, что позволяет расширять их клин в нашем регионе.

Библиографический список

1. Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. М. : Росгидромет, 2008. 227 с.
2. Справочник по климату СССР. Вып. 12, ч. 2. Темпе-

ратура воздуха и почвы / ред. В. Н. Борсук. Л. : Гидрометеопиздат, 1965. 343 с.

3. Пряхина С. И., Ормели Е. И. Агроклиматическая характеристика сезонов года Саратовской области // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2018. Т. 18, вып. 4. С. 243–247.

4. Министерство сельского хозяйства Саратовской области [Электронный ресурс]. URL: <http://minagro.saratov.gov.ru/development/index.php?> (дата обращения: 17.06.2020).

5. Грингоф И. Г., Пасечнюк А. Д. Агрометеорология и агрометеорологические наблюдения. СПб. : Гидрометеопиздат, 2005. 552 с.

6. Пряхина С. И., Гужова Е. И. Перезимовка зерновых культур в Саратовской области в меняющихся климатических условиях // Инновационное развитие АПК в России (посвящается 140-летию Г. К. Мейстера) : сб. докл. Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых и специалистов ; ГНУ НИИСХ Юго-Востока Россельхозакадемии. Саратов, 2013. С. 176–181.

Образец для цитирования:

Пряхина С. И., Ормели Е. И. Оценка степени благоприятности перезимовки озимых культур на территории Саратовской области // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2020. Т. 20, вып. 4. С. 250–255. DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2020-20-4-250-255>

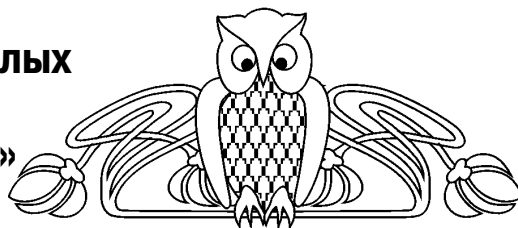
Cite this article as:

Pryakhina S. I., Ormeli E. I. Evaluating the Degree of Favourable Overwintering of Winter Crops on the Territory of the Saratov Region. *Izv. Saratov Univ. (N. S.), Ser. Earth Sciences*, 2020, vol. 20, iss. 4, pp. 250–255 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2020-20-4-250-255>



УДК 631.41:614.76

Содержание подвижных форм тяжелых металлов в почвах на территории рекреационной зоны «Парк Победы» (Саратов)



А. С. Шешнёв, В. Н. Ерёмин, М. В. Решетников, О. В. Теслинова

Mikhail V. Reshetnikov, <https://orcid.org/0000-0001-8298-029X>, Saratov State University, 83 Astrakhanskaya St., Saratov 410012, Russia, rnmv85@list.ru

Шешнёв Александр Сергеевич, кандидат географических наук, заведующий лабораторией геоэкологии, доцент, Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, sheshnev@inbox.ru

Oksana V. Teslinova, <https://orcid.org/0000-0003-4927-3280>, Saratov State University, 83 Astrakhanskaya St., Saratov 410012, Russia, OKST123@yandex.ru

Ерёмин Виталий Николаевич, кандидат геолого-минералогических наук, заведующий кафедрой общей геологии и полезных ископаемых, Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, ereminvit@gmail.com

The soil cover in the territory of the large recreational zone «Victory Park», which performs environmental, memorial and educational functions, was studied. According to the analysis results of mobile forms of heavy metals concentrations the assessment of the current sanitary-hygienic and ecologic-geochemical condition of soils was carried out. An excess of the maximum permissible concentrations in most of the samples for nickel, lead, and copper was found.

Решетников Михаил Владимирович, кандидат географических наук, старший научный сотрудник отделения геологии НИИ ЕН, Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, rnmv85@list.ru

Keywords: soil, heavy metals, recreation area, Saratov.

Теслинова Оксана Владимировна, аспирант, Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, OKST123@yandex.ru

Received: 14.06.2020 / Accepted: 21.09.2020 / Published: 30.11.2020

This is an open access article distributed under the terms of Creative Commons Attribution License (CC-BY 4.0)

DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2020-20-4-256-261>

Исследован почвенный покров на территории крупной рекреационной зоны «Парк Победы», выполняющей природоохранные, мемориальные и просветительские функции. По результатам анализа концентраций подвижных форм тяжелых металлов выполнена оценка современного санитарно-гигиенического и эколого-геохимического состояния почв. Обнаружено превышение предельно допустимых концентраций в большей части проб по никелю, свинцу и меди.

Ключевые слова: почва, тяжелые металлы, рекреационная зона, Саратов.

Поступила в редакцию: 14.06.2020 / Принята: 21.09.2020 / Опубликована: 30.11.2020

Статья опубликована на условиях лицензии Creative Commons Attribution License (CC-BY 4.0)

The Content of Mobile Forms of Heavy Metals in Soils in the Territory of the Recreation Zone «Victory Park» (Saratov)

A. S. Sheshnev, V. N. Eremin, M. V. Reshetnikov, O. V. Teslinova

Aleksandr S. Sheshnev, <https://orcid.org/0000-0003-3566-8652>, Saratov State University, 83 Astrakhanskaya St., Saratov 410012, Russia, sheshnev@inbox.ru

Vitaliy N. Eremin, <https://orcid.org/0000-0001-5784-6777>, Saratov State University, 83 Astrakhanskaya St., Saratov 410012, Russia, ereminvit@gmail.com

Введение

Комплекс «Парк Победы» – крупная (80 га) рекреационная зона в Волжском районе города Саратова, основанная в 1975 г. Музей боевой славы, мемориальные комплексы, этнологический музейный комплекс «Национальная деревня», несколько смотровых площадок с панорамными видами, благоустроенные аллеи и зеленые насаждения – важные элементы для развития рекреационной деятельности.

До начала XX века Соколовая гора представляла собой территорию, покрытую степным разнотравьем и практически лишенную древесной растительности. С 1910-х гг. началось искусственное облесение. В настоящее время на территории парка, имеющего близкую к естественной природной среде планировку, насчитывается 66 видов древесных и кустарниковых пород, в том числе 40 видов деревьев и 26 видов кустарников [1]. Привлекательности территории парка, помимо архитектурных форм, способствует рельеф местности. Парк расположен на узком водораздельном пространстве Соколовой горы (максимальная высота 165,3 м) между водосборными бассейнами крупных Глебучева и Маханного оврагов. Соколовая гора круто обрывается на юг и юго-восток с видом на Волгоградское водохранилище.

Соколовая гора располагается в пределах Соколовогорского поднятия – асимметричной текто-

нической складки, имеющей на современном этапе высокую активность восходящих движений [2], что провоцирует развитие экзогенных процессов. В условиях высокой эрозионной расчлененности для создания парка осуществлялась планировка рельефа с расширением платообразной части. Во второй половине 1960-х гг. при проведении противооползневых работ была срезана вершина Соколовой горы в объеме до 700 тыс. м³, что позволило устранить условия образования обвалов и осыпей оползневого уступа, ликвидировать зоны развития опасных оползней-потоков, улучшить условия общей устойчивости склона. В результате уменьшения нагрузки снизилась вероятность образования новых крупных оползней выдавливания [3].

Почвы парка в точках опробования представляют собой культуроземы и урбаноземы. Несмотря на удаленность от крупных автомагистралей и промышленных предприятий, территория испытывает определенное техногенное воздействие. В долине и на склонах Маханного оврага располагаются инженерные сооружения по добыче и транспортировке углеводородного сырья, в его верховье много лет проводилось несанкционированное складирование отходов, отмечалось частое их возгорание.

Исследование структуры и динамики техногенных геохимических полей на территории Саратова в течение 1990–2000-х гг. показало, что водораздельные пространства Соколовой горы в целом относительно благополучны в части загрязнения подвижными формами тяжелых металлов [4, 5]. Лишь содержание цинка возрастает вниз по склону, превышая фоновые значения, но находясь в рамках ПДК. Вместе с тем выявлено превышение нормативного содержания нефтепродуктов до 3–10 раз, возрастающее к нижним частям склонов и при приближении к инфраструктурным объектам Соколовгородского нефтяного месторождения [5].

С целью выявления структуры современного геохимического поля важной рекреационной зоны «Парк Победы» выполнен ряд эколого-геохимических исследований, направленных на определение подвижных форм тяжелых металлов, доступных для поглощения растениями и потому экологически наиболее опасных.

Методы исследования

Для выявления общей структуры геохимического поля на территории «Парка Победы» отобрано 20 почвенных проб (рисунок), в которых определены концентрации подвижных форм тяжелых металлов (Zn, Ni, Cu, Cr, Cd, Pb). Избирательно для 7 проб определено содержание нефтепродуктов.

Геоэкологическое опробование почв проведено методом «конверта» с площадок 5×5 м с глубин 0–20 см в соответствии со стандартом [6]. Аналитическое исследование концентрации подвижных

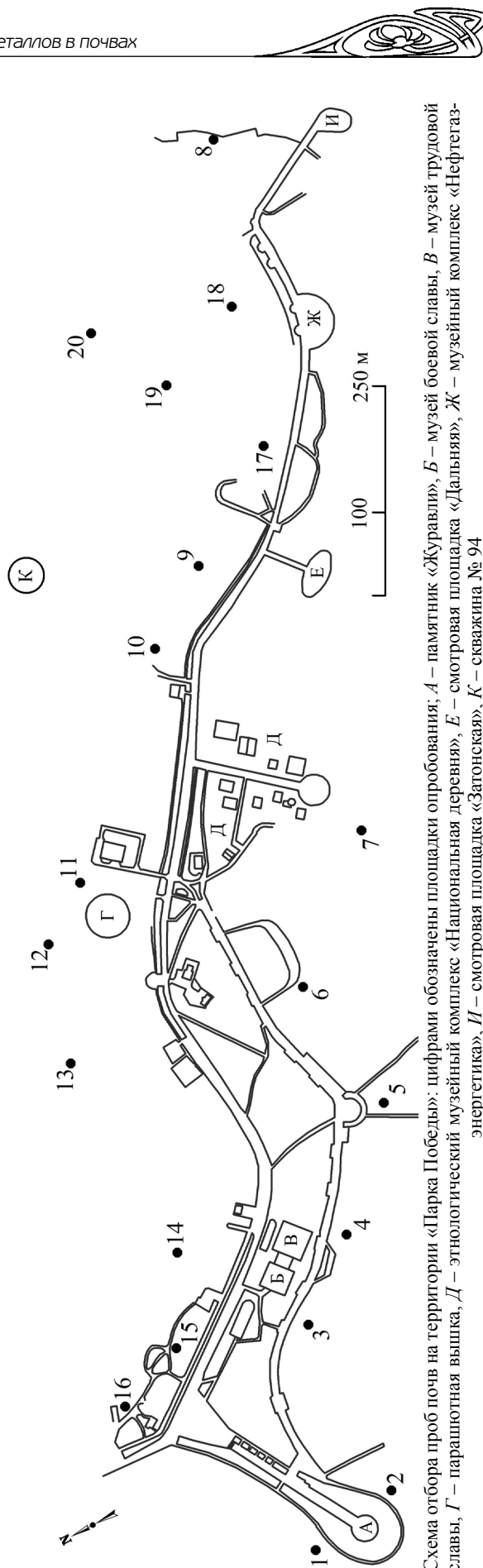


Схема отбора проб почв на территории «Парка Победы»: цифрами обозначены площадки опробования; А – памятник «Журавли», В – музей боевой славы, С – музей трудовой славы, Г – парашютная вышка, Д – этнологический музейный комплекс «Национальная деревня», Е – смотровая площадка «Дальняя», Ж – музейный комплекс «Нефтегаз-энергетика», И – смотровая площадка «Затонская», К – скважина № 94



форм тяжелых металлов выполнено на спектрофотометре «Квант-2АТ» методом атомно-абсорбционной спектрометрии с пламенной атомизацией. Подвижные формы извлекались из почвы ацетатно-аммонийным буфером с pH = 4,8. Нефтепродукты определены гравиметрическим методом.

Поэлементная эколого-гигиеническая оценка степени химического загрязнения почв по содержанию подвижных форм тяжелых металлов выполнена согласно санитарно-эпидемиологическим требованиям к качеству почвы [7] через коэффициент опасности (K_о):

$$K_o = C / \text{ПДК},$$

где C – фактическое содержание, ПДК – установленная предельно допустимая концентрация.

Данными требованиями к почвам для неорганических веществ I (Cd, Pb, Zn) и II (Cr, Cu, Ni) классов опасности выделяются следующие категории загрязнения: допустимая – содержание вещества менее предельно допустимой концентрации (ПДК), опасная – от ПДК до K_{мах}, чрезвычайно опасная – выше K_{мах}. ПДК приняты в соответствии с действующими нормативами [8]. K_{мах} – максимальное значение допустимого уровня содержания элемента по одному из четырех показателей вредности [9].

Оценка трансформации геохимического поля по подвижным формам тяжелых металлов выполнена относительно естественного фонового содержания, установленного в окрестностях Саратова на полигоне, близком по рельефу, особенностям геологического строения и составу почв [10]. Фоновое содержание определено в результате исследования, проведенного в 1990-х – начале 2000-х гг., и служит надежной методической основой для эколого-геохимического изучения почв. Важно, что фон определен атомно-абсорбционным анализом, примененным и в рамках настоящего исследования. Коэффициент концентрации (K_с) рассчитывался по формуле

$$K_c = C / C_f,$$

где C – фактическое содержание, C_ф – фоновое содержание.

В методических рекомендациях [11] установлены следующие уровни загрязнения почвы нефтью и нефтепродуктами (в мг/кг): <1000 – допустимый, 1000–2000 – низкий, 2000–3000 – средний, 3000–5000 – высокий, >5000 – очень высокий.

Результаты исследования

Результаты аналитического лабораторного исследования проб почв приведены в табл. 1.

Гигиеническая оценка загрязнения почв химическими веществами

Концентрации хрома и кадмия повсеместно находятся на допустимом уровне. Содержание

цинка в 30% проб имеет опасную категорию загрязнения (70% – допустимая). Концентрация свинца и меди по 70% проб относится к опасной категории загрязнения и 30% – к допустимой. Наибольшее число проб загрязнено никелем: 80% – опасная, 20% – допустимая категория загрязнения. Содержание нефтепродуктов в почве находится на допустимом уровне; низкий уровень загрязнения зафиксирован по единственной площадке опробования № 9.

Не выявлены территории с чрезвычайно опасным загрязнением почв подвижными формами тяжелых металлов. Наиболее загрязнены в опасной степени почвы по площадкам опробования № 1, 3, 4, 10, 16, где по четырем из шести показателей обнаружено превышение ПДК. По трем показателям загрязнены почвы на площадках № 2, 6, 12, 13, 15, 18–20. Площадные аномалии приурочены к западной части территории парка, наиболее освоенной и находящейся в зоне воздействия источников загрязнения, в частности к вышеупомянутой несанкционированной большой свалке твердых коммунальных и строительных отходов. Генезис загрязнения на площадках опробования № 18–20 в восточной части территории требует дополнительного исследования.

Геохимическая оценка уровня загрязнения почв

Результаты расчета коэффициентов концентрации представлены в табл. 2. Оценка трансформации геохимического поля выполнена поэлементно.

Цинк. На уровне до трех фоновых значений отмечен в одной пробе. K_с в интервале 3–10 обнаружен в 40% проб, 10–30 – в 25%, более 30 – в 30%.

Никель. Наибольшее количество проб (60%) имеет K_с в интервале 3–10, в 30% проб K_с составляет 20–30. В одной пробе K_с меньше 1, еще в одной – в интервале 1–3.

Медь. K_с в интервале 3–10 имеют 80% проб, в пределах 10–30 – 10%. По одной пробе K_с меньше фона, еще по одной – в интервале 1–3.

Кадмий. Меньше фона содержание в 35% проб. K_с на уровне 1–3 в 25% проб, на уровне 3–10 – 40%.

Свинец. В одной пробе K_с меньше 1, еще в одной – в интервале 1–3. K_с на уровне 3–10 обнаружен в 45% проб, 10–30 – 40%. В одной пробе K_с выше 30.

Для выявления возможных парагенетических ассоциаций проведен корреляционный анализ средствами Microsoft Excel, результаты которого представлены в табл. 3.

На территории «Парка Победы» отдельные соединения подвижных форм тяжелых металлов образуют парагенетические ассоциации со значимыми коэффициентами корреляции. При уровне значимости 1% ($r = 0,01$) критическое достоверное значение составляет 0,57. Суммарно достоверные корреляции между элементами, в



Таблица 1

Содержание подвижных форм тяжелых металлов и нефтепродуктов, мг/кг

Номер площадки опробования	Zn	Ni	Cu	Cr	Cd	Pb	Нефтепродукты
1	110,39*	8,83	6,15	3,41	0,18	11,11	–
2	49,05	5,02	4,04	1,94	0,07	5,15	908
3	102,53	11,50	6,05	3,73	0,18	7,57	–
4	107,91	5,82	4,49	2,23	0,35	49,51	–
5	5,61	7,16	1,97	2,48	0,03	2,66	–
6	15,80	5,44	3,90	1,87	0,20	8,34	–
7	2,51	0,53	0,40	Н.о.**	Н.о.	0,66	272
8	17,04	7,35	8,16	3,58	0,03	4,72	244
9	10,65	4,82	2,87	3,09	Н.о.	2,26	1718
10	127,01	5,72	8,31	2,52	0,12	14,83	–
11	6,49	3,83	2,95	2,87	0,04	6,38	–
12	10,59	6,08	4,01	2,47	0,17	6,23	588
13	12,47	5,19	3,42	2,70	0,17	10,12	–
14	5,55	3,62	2,83	2,71	0,03	6,93	–
15	13,11	7,14	3,77	2,55	0,11	6,78	–
16	102,41	7,83	5,53	3,06	0,20	11,62	492
17	5,46	1,52	1,65	1,67	0,03	3,19	–
18	9,21	4,09	4,75	2,92	0,09	7,84	322
19	16,36	6,04	4,99	2,59	0,16	8,97	–
20	10,88	6,27	4,2	2,69	0,07	8,06	–
ПДК	23	4	3	6	0,5–1***	6	1000****
Kmax	200	14	72	6	–	–	–
Фон	1,2	0,65	0,64	–	0,048	0,765	–

Примечание. *Жирным шрифтом выделены пробы с концентрациями опасной степени загрязнения относительно ПДК; **не определен, концентрация ниже порога чувствительности прибора; ***норматив ПДК для подвижных форм кадмия не установлен. Приводится осредненное значение по литературным источникам; ****допустимое содержание нефтепродуктов в почве.

Таблица 2

Коэффициенты концентрации химических элементов

Номер площадки опробования	Zn	Ni	Cu	Cd	Pb
1	92	13,6	9,6	3,8	14,5
2	40,9	7,7	6,3	1,5	6,7
3	85,4	17,7	9,5	3,8	9,9
4	89,9	9	7	7,3	64,7
5	4,7	11	3,1	0,6	3,5
6	13,2	8,4	6,1	4,2	10,9
7	2,1	0,8	0,6	–	0,9
8	14,2	11,3	12,8	0,6	6,2
9	8,9	7,4	4,5	–	2,95
10	105,8	8,8	13	2,5	19,4
11	5,4	5,9	4,6	0,8	8,3
12	8,8	9,4	6,3	3,5	8,1
13	10,4	8	5,3	3,5	13,2
14	4,6	5,6	4,4	0,6	9,1
15	10,9	11	5,9	2,3	8,9



Окончание табл. 2

Номер площадки опробования	Zn	Ni	Cu	Cd	Pb
16	85,3	12	8,6	4,2	15,2
17	4,6	2,3	2,6	0,6	4,2
18	7,7	6,3	7,4	1,9	10,2
19	13,6	9,3	7,8	3,3	11,7
20	9,1	9,6	6,6	1,5	10,5

Таблица 3

Коэффициенты корреляции между подвижными формами тяжелых металлов

Металл	Zn	Ni	Cu	Cr	Cd	Pb
Zn	1,00	0,55	0,64	0,31	0,62	0,57
Ni	–	1,00	0,65	0,75	0,47	0,16
Cu	–	–	1,00	0,65	0,38	0,26
Cr	–	–	–	1,00	0,18	0,06
Cd	–	–	–	–	1,00	0,78
Pb	–	–	–	–	–	1,00

Примечание. * $n = 20$, $p = 0,01$, $r = 0,57$. Жирным шрифтом выделены достоверные корреляции.

разном их сочетании, устанавливаются для всех элементов, образуя восемь корреляционных пар (см. табл. 3). Исследуемые элементы не имеют единого минералогического генезиса, не унаследованы от материнских пород и, вероятно, поступали с техногенными выбросами путем атмосферной миграции.

Геохимические ряды для подвижных форм тяжелых металлов на территории «Парка Победы» и по средней концентрации, и по превышению нормативных показателей имеют одинаковый вид: $Zn > Pb > Ni > Cu > Cr > Cd$.

Выводы

«Парк Победы» – одна из крупнейших рекреационных зон Саратова, занимающая преимущественно водораздельные участки Соколовогорского массива и выполняющая, в частности, природоохранные, мемориальные и просветительские функции. В рамках исследования проанализировано содержание подвижных форм тяжелых металлов в почвенном покрове, что составляет важную часть общей геоэкологической оценки территории.

Большая часть проб почв на территории «Парка Победы» опасно загрязнена никелем, свинцом и медью, что характерно для отдельных рекреационных зон Саратова [12]. По ряду площадок отмечены повышенные концентрации цинка. Содержание хрома и кадмия повсеместно допустимое. Не обнаружено существенного негативного воздействия нефтепромысла на качество почв: лишь одна проба имеет низкое загрязнение нефтепродуктами.

Причиной загрязнения почв, вероятно, является перенос тяжелых металлов воздушным путем от

выбросов автотранспорта, промышленных источников и продуктов многолетнего горения от свалки, расположенной в верховье Маханного оврага. Возможно локальное загрязнение культуроземов при внесении грунтов ненадлежащего качества.

Пространственное распределение поэлементного загрязнения почв имеет очаговый характер, типичный для городских территорий, находящихся вне зоны воздействия крупных промышленных объектов.

В целях улучшения экологического состояния почв рекомендуется при модернизации парка осуществить замену культуроземов в западной, наиболее освоенной части рекреационной зоны.

Работа выполнена при поддержке гранта Президента РФ для государственной поддержки молодых российских ученых (№ МК-3355.2019.5).

Библиографический список

1. Саратов : комплексный геоэкологический анализ / под ред. А. В. Иванова. Саратов : Издательство Саратовского университета, 2003. 248 с.
2. Токарский А. О., Токарский О. Г., Ваньшин Ю. В. Изучение неотектонической трещиноватости в связи с обоснованием экологической безопасности Соколовогорского полигона захоронения промстоков // Изв. Сарат. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2006. Т. 6, вып. 1. С. 95–99.
3. Шешнев А. С. Факторы развития и современная динамика Затонского оползня (г. Саратов) // Разведка и охрана недр. 2017. № 4. С. 49–53.
4. Макаров В. З., Молоствовский Э. А., Новаковский Б. А., Суровцева О. В., Чумаченко А. Н. Структура и динамика техногенных геохимических полей на территории Саратова // Изв. Сарат. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2009. Т. 9, вып. 2. С. 3–13.



5. Решетников М. В. Магнитная индикация почв городских территорий (на примере г. Саратова). Саратов : Саратовский государственный технический университет, 2011. 152 с.
6. ГОСТ 17.4.4.02–84. Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа. М. : Издательство стандартов, 1985. 12 с.
7. СанПиН 2.1.7.1287-03. Санитарно-эпидемиологические требования к качеству почвы. М. : Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2005. 19 с.
8. ГН 2.1.7.2041-06. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве. М. : Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2006. 15 с.
9. МУ 2.1.7.730-99. Гигиеническая оценка качества почвы населенных мест. М. : Федеральный центр Госкомсанэпиднадзора Минздрава России, 1999. 38 с.
10. Формы нахождения тяжелых металлов в почвах города Саратова и природоохранные решения / редкол.: С. П. Балашова [и др.]. Саратов : Научная книга, 2001. 56 с.
11. Методические рекомендации по выявлению деградированных и загрязненных земель // Сборник нормативных актов. Вып. 2. Охрана почв. М. : РЭФИА, 1996. С. 174–198.
12. Прокофьева Е. В., Ерёмин В. Н., Решетников М. В., Шешнёв А. С. Тяжелые металлы в почвах на территории памятника природы «Городской парк культуры и отдыха города Саратова» // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2016. Т. 18, № 1. С. 34–38.

Образец для цитирования:

Шешнёв А. С., Ерёмин В. Н., Решетников М. В., Теслинова О. В. Содержание подвижных форм тяжелых металлов в почвах на территории рекреационной зоны «Парк Победы» (Саратов) // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2020. Т. 20, вып. 4. С. 256–261. DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2020-20-4-256-261>

Cite this article as:

Sheshnev A. S., Eremin V. N., Reshetnikov M. V., Teslinova O. V. The Content of Mobile Forms of Heavy Metals in Soils in the Territory of the Recreation Zone «Victory Park» (Saratov). *Izv. Saratov Univ. (N. S.), Ser. Earth Sciences*, 2020, vol. 20, iss. 4, pp. 256–261 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2020-20-4-256-261>



ГЕОЛОГИЯ

УДК 550.384+551.7:56+551.763.3(470.4)

Магнитозона обратной полярности в туроне–коньяке северного окончания Дано-Медведицких дислокаций

А. А. Гужикова, Е. М. Первушов, И. П. Рябов, В. А. Фомин

Гужикова Анастасия Андреевна, кандидат геолого-минералогических наук, заведующий лабораторией Петрофизики, Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, blackhole3@yandex.ru

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

Рябов Илья Павлович, аспирант, Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского; ведущий специалист, Саратовский филиал ПАО НК «РуссНефть», ryaboff.il@yandex.ru

Фомин Владимир Александрович, кандидат геолого-минералогических наук, доцент, Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, fominva@gmail.com

Разрез туронских–коньякских отложений в Большом Каменном овраге (Волгоградская область, Жирновский район) до настоящего времени не был объектом целенаправленного изучения. В результате предпринятого исследования этого геологического объекта впервые представлено зональное расчленение образований губкинского горизонта (турон–коньяк) на основе бентосных фораминифер и получена его магнитостратиграфическая (магнитоплярная и петромагнитная) характеристика. Большая часть разреза охвачена магнитозоной обратной полярности, наличие которой противоречит существующим представлениям о режиме туронского–коньякского геомагнитного поля, но отчасти согласуется с данными по одновозрастным отложениям, установленным в других разрезах на территории Поволжья.

Ключевые слова: турон, коньяк, сантон, магнитостратиграфия, петромагнетизм, Меловой суперхрон, Ключевская R-зона, бентосные фораминиферы, Поволжье.

Поступила в редакцию: 09.09.2020 / Принята: 21.09.2020 / Опубликовано: 30.11.2020

Статья опубликована на условиях лицензии Creative Commons Attribution License (CC-BY 4.0).

The Reversal Polarity Zone in Turonian-Coniacian of the Northern End of Dono-Medvediza Dislocations

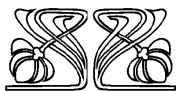
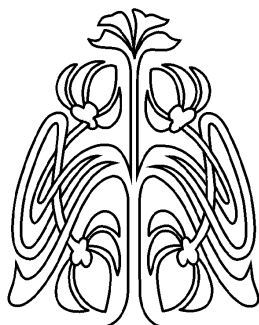
A. A. Guzhikova, E. M. Pervushov, I. P. Ryabov, V. A. Fomin

Anastasia A. Guzhikova, <https://orcid.org/0000-0001-5669-7116>, Saratov State University, 83 Astrakhanskaya St., Saratov 410012, Russia, blackhole3@yandex.ru

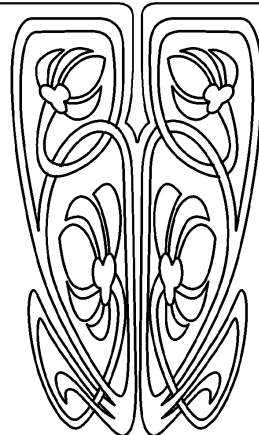
Evgeny M. Pervushov, <https://orcid.org/0000-0002-7962-0274>, Saratov State University, 83 Astrakhanskaya St., Saratov 410012, Russia, pervushovem@mail.ru

Ilya P. Ryabov, <https://orcid.org/0000-0002-1701-7605>, Saratov State University, 83 Astrakhanskaya St., Saratov 410012, Russia; PJSC «RussNeft» Saratov branch office, 21 Sakko i Vantsetti St., Saratov 410056, Russia, ryaboff.il@yandex.ru

Vladimir A. Fomin, <http://orcid.org/0000-0002-1343-4794>, Saratov State University, 83 Astrakhanskaya St., Saratov 410012, Russia, fominva@gmail.com



НАУЧНЫЙ
ОТДЕЛ





The Gubkino Horizon (Turonian-Coniacian) in the Bolshoy Kamenny ovrage section (Zhirnovsk town, Volgograd Region) has not been purposefully studied so far. As a result of biostratigraphic and magnetostratigraphic researches the carbonate rocks of the Gubkino Horizon were first divided into zones based on benthic foraminifera complexes and characterized by geomagnetic polarity and rock-magnetism data. The most part of the Bolshoy Kamenny ovrage section is covered by the reverse polarity zone. This contradicts existing views about Turonian-Coniacian geomagnetic field regime but is partly consistent with the paleomagnetic data similar to the other age sections of the Volga Region.

Keywords: Turonian, Coniacian, Santonian, magnetostratigraphy, petromagnetism, biostratigraphy, benthic foraminifera, Cretaceous Long Normal-Polarity Chron, Volga region.

Received: 09.09.2020 / Accepted: 21.09.2020 / Published: 30.11.2020

This is an open access article distributed under the terms of Creative Commons Attribution License (CC-BY 4.0)

DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2020-20-4-262-277>

Введение

В настоящее время нет общепринятого мнения о магнитополярном режиме геомагнитного поля в туронском, коньякском и сантонском веках. Так, в Шкале геомагнитной полярности (GPTS) [1] этому интервалу соответствует исключительно нормальная полярность верхней части магнитного хрона C34 (мелового суперхрона), в то время как в Общей магнитостратиграфической шкале (ОМСШ) [2] отмечена продолжительная (около 0,35 млн лет) эпоха обратной (*R*) полярности в коньякском веке («Клюевская» *R*-зона). Имеются многочисленные сведения о выделении зон обратного знака в отложениях турона – сантона на территории разных регионов [3–5]. Заметная часть ранее опубликованных материалов не соответствует современным требованиям к качеству палеомагнитных данных, но некоторые материалы не могут быть отвергнуты с этой точки зрения. Тем не менее имеющейся на сегодняшний день фактической информации недостаточно для убедительного опровержения устоявшейся точки зрения о монополярной структуре мелового суперхрона.

В последние годы были получены данные о преимущественно обратной намагниченности туронских–сантонских отложений Саратовского Правобережья [6–8] на основе удовлетворяющих общепринятым критериям надежности магнитостратиграфических материалов [2, 9]. Таким образом, появился веский повод вернуться к обсуждению проблемы характера геомагнитного поля в туронском, коньякском и сантонском веках.

Гипотеза о наличии продолжительных (более 10^5 лет) эпох обратной полярности может быть доказана путем обнаружения и прослеживания магнитозон обратной полярности в одновозрастных отложениях, независимо от их структурно-фациальной принадлежности, расположенных в

удаленных регионах. Полученные к настоящему времени результаты палеомагнитного исследования, проведенного в Саратовском и Волгоградском Поволжье, не позволяют сделать однозначных заключений о первичности намагниченности или, напротив, о ее вторичном генезисе. Мощная (более 15 м) зона обратной полярности зафиксирована в четырех разрезах турона – сантона («Озерки-1, -2, -3» и «Липовка»), расстояние между которыми достигает 13 км [6, 7]. Но ее наличие не подтверждается в туронских–коньякских отложениях разреза «Нижняя Банновка», расположенного в 100 км юго-восточнее, а в находящемся еще на 100 км южнее разрезе «Каменный Брод» ситуация неоднозначна. Здесь нижнеконьякскому подъярису соответствует мощная, более 15 м, магнитозона с аномальными направлениями намагниченности [7, 8].

В настоящей статье представлены результаты впервые проведенного магнитостратиграфического исследования разреза турона–коньяка в Большом Каменном овраге (БКО) близ г. Жирновск (рис. 1, 2). Поскольку при выяснении истинного характера туронского–коньякского геомагнитного поля сведения о возрасте пород имеют принципиальное значение, пробы для анализа вертикального распределения бентосных фораминифер (БФ) были взяты по системе «образец в образце», чтобы повысить точность датировки исследуемых отложений.

Предыстория изучения туронского – коньякского интервала отложений в пределах Жирновской брахиантиклинали. Выходы карбонатных пород турона – эмшера в районе сел Красный Яр и Меловатка описаны в работе А. Д. Архангельского [10]. Но в трех Каменных оврагах, расположенных на правом берегу р. Медведица между селами Куракино и Новая Бахметьевка (в настоящее время – Александровка), этот исследователь обратил внимание лишь на нижнемеловой комплекс отложений.

Выходы мергелей в верховьях БКО указывались в отчетах по итогам проведения геолого-съёмочных работ в 50–60-е гг. прошлого века, в некоторых из них отмечалось отсутствие здесь коньяка. Целенаправленного изучения туронского – коньякского интервала отложений в БКО не проводилось в связи с наличием визуально эффектных и более доступных разрезов синхронных образований в районе с. Меловатка и рабочего поселка Красный Яр, расположенных в 15–20 км юго-западнее и южнее соответственно [11]. Одним из результатов геолого-съёмочных работ среднего масштаба на территории правобережья Волгоградского и Саратовского Поволжья явились опубликованные материалы микрофаунистического изучения разрезов, в которых выделены и туронские – коньякские образования [12, 13]. В нижней части верхнемеловых карбонатных пород, вскрытых в Большом Каменном овраге (разрез «Сеноманская стенка»), был установлен комплекс разнообразных фораминифер.

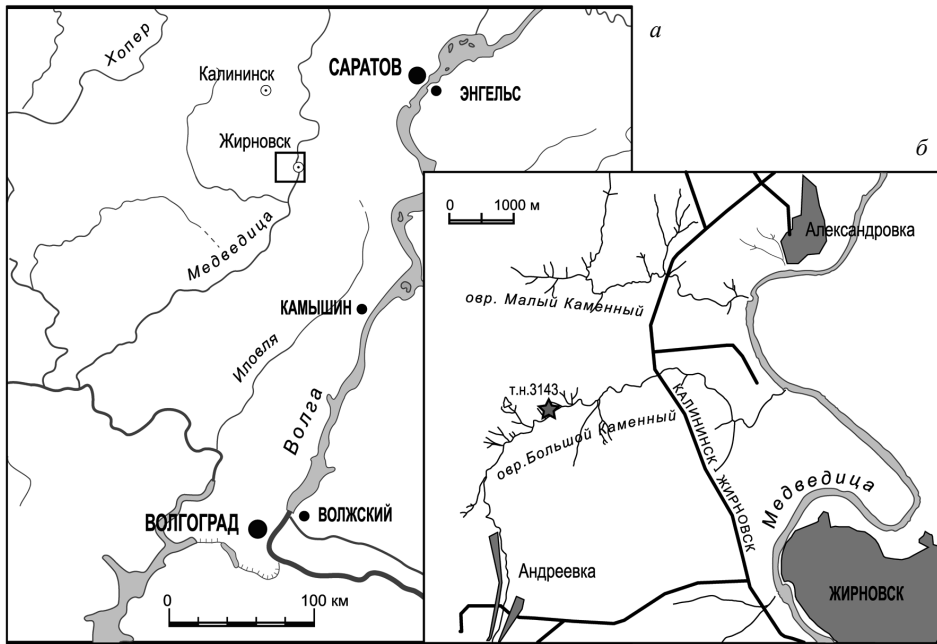


Рис. 1. Схема расположения верхнемеловых разрезов «Сеноманская стенка», «Меловые горки» Большого Каменного оврага в окрестностях г. Жирновск Волгоградской области: А – местоположение Большого Каменного оврага на территории Поволжья (отмечено квадратом); Б – положение т.н. 3143 в пределах Большого Каменного оврага «Сеноманская стенка», «Меловые горки» (показаны фигурой «звезда»)

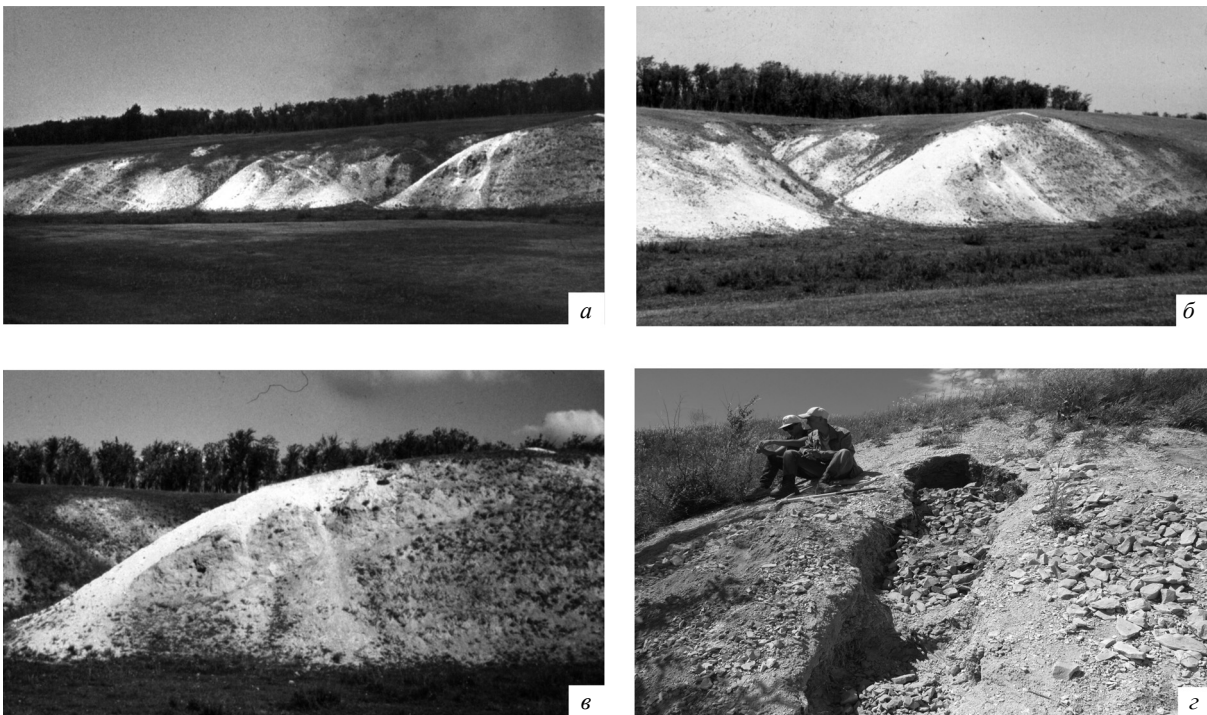


Рис. 2. Выходы верхнемеловых пород в левом борту Большого Каменного оврага: а – разрезы «Сеноманская стенка» и «Меловые горки», общий вид (1983 г.); б – вид на склоновый овраг, отделяющий выходы терригенных пород «Сеноманской стенки» от карбонатных пород, слагающих «Меловые горки» (1983 г.); в – общий вид разреза «Сеноманская стенка» (1983 г.); з – одна из расчисток карбонатных пород в пределах разреза «Меловые горки» (2017 г.)



нифер, по мнению автора [12], характерных для верхних интервалов турона, биозоны *Iposeratius lamagški*. Здесь же отмечается, что выделенный комплекс фораминифер характерен для всего почти 20-метрового интервала карбонатных пород, лишь непосредственно близ кровли ассоциация микрофоссилий обогащается формами, неизвестными из нижней части этого разреза.

Нижняя часть разреза туронских мергелей охарактеризована в разрезе «Красный Яр», а верхние интервалы рассмотрены в окрестностях с. Меловатка [14]. О присутствии здесь коньякских образований не упоминается, отмечено лишь, что породы этого возраста распространены локально.

По материалам крупномасштабных геолого-съемочных работ и тематических изысканий В. Ф. Салтыков привел детальную характеристику верхнемеловых пород на основе изучения скважинного материала и в меньшей степени обнажений, установленных ранее в районе сел Меловатка, Красный Яр и в БКО [15, 16]. Карбонатные породы мощностью до 20–25 м, залегающие между терригенными породами сеномана и кремнистыми образованиями сантона, в этих работах рассматриваются как банновская свита, без детализации.

Базальный горизонт турона, хорошо прослеживаемый в разрезе «Сеноманская» стенка» в БКО, был детально изучен при взятии объемных проб, а материалы его рассмотрения были сопоставлены с данными аналогичных проб из синхронных образований в разрезах «Красный Яр» и «Меловатка» [17].

В связи с предпринятым комплексным изучением стратотипических, опорных и вновь установленных разрезов турона – коньяка и нижних интервалов сантона [6, 8, 18–21] на территории Поволжья в 2017 г. было проведено детальное полевое описание этого интервала отложений в БКО с отбором макро- и микрофаунистического материала. В 2020 г. проведено повторное опробование данного разреза с одновременным отбором образцов на микрофаунистический анализ и на петро- и палеомагнитные исследования.

Материал и методы. На протяжении многих лет из нижней части карбонатных пород собирались роостры белемнитов и разрозненные створки устриц, которые из-за неполной сохранности оказались непригодны для валидных определений. В средней и в верхней части фрагменты фоссилий выделены при проведении шурфования.

Пробы для разного вида анализов отобраны по принципу «образец в образец» через 0,5–0,7 м. Извлечение раковин фораминифер производилось по стандартной методике с использованием замачивания образцов породы в ледяной уксусной кислоте. Улучшила очистку раковин фораминифер ультразвуковая обработка порошков. Изучение БФ производилось с использованием стереоскопического микроскопа МС – 2 ZOOM.

Для магнитостратиграфического исследования были отобраны ориентированные штуфы с

18 стратиграфических уровней при суммарной изученной мощности разреза ~ 15 м. Каждый ориентированный штуф распиливался на 4 образца кубической формы размерами 2х2х2 см (с сохранением ориентировки).

У образцов с каждого стратиграфического уровня измерены следующие петромагнитные параметры: магнитная восприимчивости (K) и ее анизотропия (АМВ), естественная остаточная намагниченность (J_n), значения магнитного насыщения (остаточная намагниченность насыщения – J_{rs}), остаточная коэрцитивная сила – H_{cr} , $S = |J_{r(-300)}|/J_{rs}$ (где $J_{r(-300)}$ – остаточная намагниченность после воздействия полем 300 мТл, обратным направлению поля насыщения), а также прирост магнитной восприимчивости после прогрева образцов в муфельной печи СНОЛ-6/11-В при температуре 500°C в течение часа (dK). K и J_n изучались у всех образцов, а их значения осреднялись для каждого уровня, остальные петромагнитные параметры определялись по одному образцу с уровня. Измерения K велись на каппабридже МФК1-ФВ, J_n – на спин-магнитометре JR-6. Для анализа данных по АМВ использовалась программа Anisoft 5.1.03. Помимо характеристик, установленных опытным путем, рассчитывались параметр Кенигсбергера (фактор Q), равный отношению J_n к индуктивной намагниченности (J_i), и отношение K/J_{rs} . Вариации магнитных свойств интерпретировались как изменения условий осадконакопления в соответствии с принципами, разработанными ранее [22, 23 и др.].

Выборочные образцы подвергались термомагнитному анализу (ТМА), заключающемуся в исследовании зависимости J_i от температуры, на термоанализаторе фракций ТАФ-2 («магнитные весы»).

Палеомагнитные исследования выполнялись по стандартной методике [22], заключающейся в измерениях J_n ориентированных образцов на спин-магнитометре JR-6 после последовательных магнитных чисток переменным полем (Н-чистки) и температурой (Т-чистки). Н-чистки проводились до 50–70 мТл с шагом 4–5 мТл на установке LDA-3. Т-чистки осуществлялись в печи конструкции Апарина путем поэтапного нагрева образцов от 100 до 300–500°C с шагом 25–50°C в зависимости от динамики размагничивания образца. Возможные фазовые превращения минералов при нагревании контролировались путем измерения K образцов после каждого режима термочистки. Магнитные чистки прекращались по достижении величины J_n , сопоставимой с пороговой чувствительностью измерительного прибора. Т-чисткам подвергалось по одному образцу, а Н-чисткам, оказавшимся более эффективными, – по два образца с каждого стратиграфического уровня.

Для компонентного анализа естественной остаточной намагниченности использовалась программа Remasoft 3.0.



Описание разреза и определение губок выполнены Е. М. Первушовым, бентосные фораминиферы изучены И. П. Рябовым. Полевые и лабораторные палео- и петромагнитные исследования проводились А. А. Гужиковой и В. А. Фоминым.

Пространственное и структурное положение разрезов «Сеноманская стенка» и «Меловые горки». Изученный разрез расположен в верхней части протяженного Большого Каменного оврага (БКО). Этот объект, расположенный на севере Волгоградской области, в 5–10 км северо-западнее районного центра г. Жирновск, входит в состав учебного полигона «Жирновский» Саратовского госуниверситета (см. рис. 1). Выделяется несколько участков выхода туронских – коньякских карбонатных пород по левому борту БКО, в 1,5 км ниже по оврагу от с. Андреевка. Наиболее ярко выражен в рельефе левого борта БКО разрез «Сеноманская стенка», невысокий, до 5 м, эрозионный останец, ограниченный с запада коротким и глубоким отвержкой. Благодаря подстилающим плотным алевроитам меловатской свиты (сеноман) основание и нижняя часть разреза карбонатных образований турона доступны для изучения в крутой стенке и по склонам отвержка (см. рис. 2).

Вверх по оврагу хорошо выделяются три останца («Меловые горки»), разделенные неглубокими склоновыми промоинами, с высыпками по склону карбонатной оскольчатой щебенки и крупных блоков мергелей. Здесь по расчисткам и шурфам прослеживаются верхние интервалы карбонатных пород, вплоть до подошвы кремнистых мергелей нижнего сантона. В конце 70-х гг. прошлого века выходы мел-мергельных пород служили ориентиром в окружающем степном ландшафте, поскольку были менее задернованы и замаскированы балочным кустарником (см. рис. 2). Высота стенок оврага достигает 5–6 м.

Разрезы «Сеноманская стенка» и «Меловые горки» расположены в пределах опущенного крыла флексуры, осложняющей западное крутое крыло Жирновской брахиантиклинали. Породы турона – коньяка погружаются под углом 32–35°С в западном направлении, что хорошо прослеживается по поверхностям подошвы и кровли рассматриваемого интервала.

Внимание к разрезам верхнемеловых отложений, расположенных на северном окончании Доно-Медведицких дислокаций, уделяется в связи с прослеживанием детальных биостратиграфических подразделений в структуре губкинского горизонта [19], а также с изучением подстилающих, сеноманских, и перекрывающих, сантонских отложений [24–26]. С магнитостратиграфической точки зрения интерес к этим разрезам обусловлен тем, что ранее в туроне–коньяке Саратовского и Волгоградского Правобережья были выявлены магнитозоны обратной или аномальной полярности, наличие которых противоречит общепринятым представлениям о режиме поздне мелового геомагнитного поля. Для того чтобы проверить

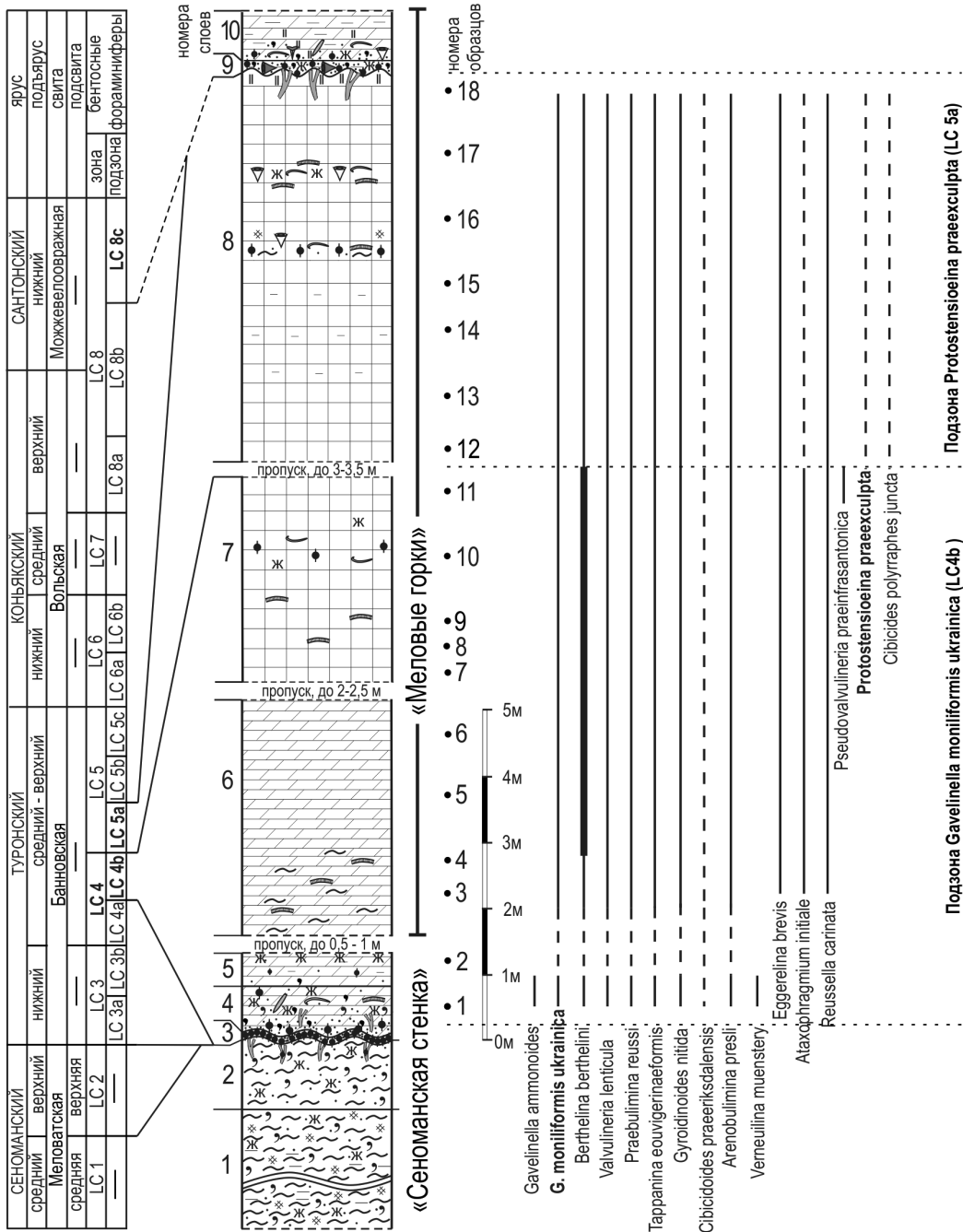
гипотезу о существовании неизвестных продолжительных эпох обратной полярности в туроне–коньяке, необходимо провести палеомагнитное изучение ряда других разновозрастных разрезов.

Описание приводится снизу вверх (рис. 3–4), начиная с разреза «Сеноманская стенка» (57° 00' 26.14" N; 44° 42' 38.05").

1. Алевроит кварцево-глауконитовый, монотонно окрашенный – серо-зеленый, при высыхании серый и грязно-серый, а при растирании зеленый. Слабопесчанистый, мелко-тонкозернистый, с обилием чешуй слюды. В основании слоя и в его средней части, в 2 м ниже кровли, несколько прослоев железистых бобовин, между которыми едва прослеживается пологая косяя слоистость. Пелитовый материал равномерно рассеян и выделяется в виде линз мощностью до 0,3 м, окрашенных в светло-коричневый цвет. Видимая мощность 2,8–3,0 м.

2. Алевроит кварцево-глауконитовый, плотный, серо-зеленый, неравномерно окрашенный, с пятнами гидроокислов железа, неяснослоистый, песчанистый. В верхней части редкие разно ориентированные ходы, выполненные песком кварцевым тонкозернистым светло-серым с редкими мелкими, размером до 1–1,5 см, черными фосфоритами, протяженностью до 0,2–0,3 м. Мощность 1,0–1,2 м.

3. Фосфоритовый горизонт, состоящий из плотно расположенных черных включений, хорошо окатанных, разнообразной формы и размеров. Преобладают включения гравийной и дресвяной размерности. Участками эти включения и серый кварцевый разнотонный песок сцементированы карбонатным материалом. Более рыхлые участки слоя обогащены гидроокислами железа и окрашены в красно-коричневый цвет. Следов сортировки и дифференциации не выявлено, расположение включений хаотичное и плотное. Ниже подошвы прослеживаются линзы песка кварцево-глауконитового, серо-зеленого, с примесью пелитового материала, с мелкими угловатыми окатышами карбонатных пород и мелкими черными фосфоритами. Размер линз 0,1–0,3 м. Найдены сильно окатанные и фрагментированные фосфатные ядра моллюсков размером 2–3 см, более крупные фоссилии редки. Много неопределимых фрагментов ядер и фосфатного раковинного детрита. Захоронение аллохтонное гетерохронное, концентрированное. Определены двустворчатые моллюски *Gryphaeostrea canaliculata* (Sow.), G. sp., *Amphidonte conicum* (Sow.), A. sp., *Arca* sp., *Arctica* sp., *Cultellus* sp., (?) *Lopha* sp., *Hyotissa* sp., *Entolium* cf. *hoetlingi* (Sob.), E. sp., *Chlamys hispida* (Goldf.), *Oxytoma multicostata* A. Ivanov, *Venus faba* (Sow.), V. sp., *Radiolaewella bannovkiensis* A. Ivanov, R. sp., гастроподы: *Solariella sobetski* Plam., S. sp., *Margarites* sp., M. sp., *Calliostoma* sp., *Bucmannina* sp., *Haustator* sp., скафопода *Laevidentalium* sp., брахиоподы *Lingula krausei* (Desch.), *Carneithyris*



Условные обозначения:



Рис. 3. Биостратиграфическое расчленение верхнемеловых отложений в разрезах «Сеноманская стенка» и «Меловые горки» (Большой Каменный овраг)

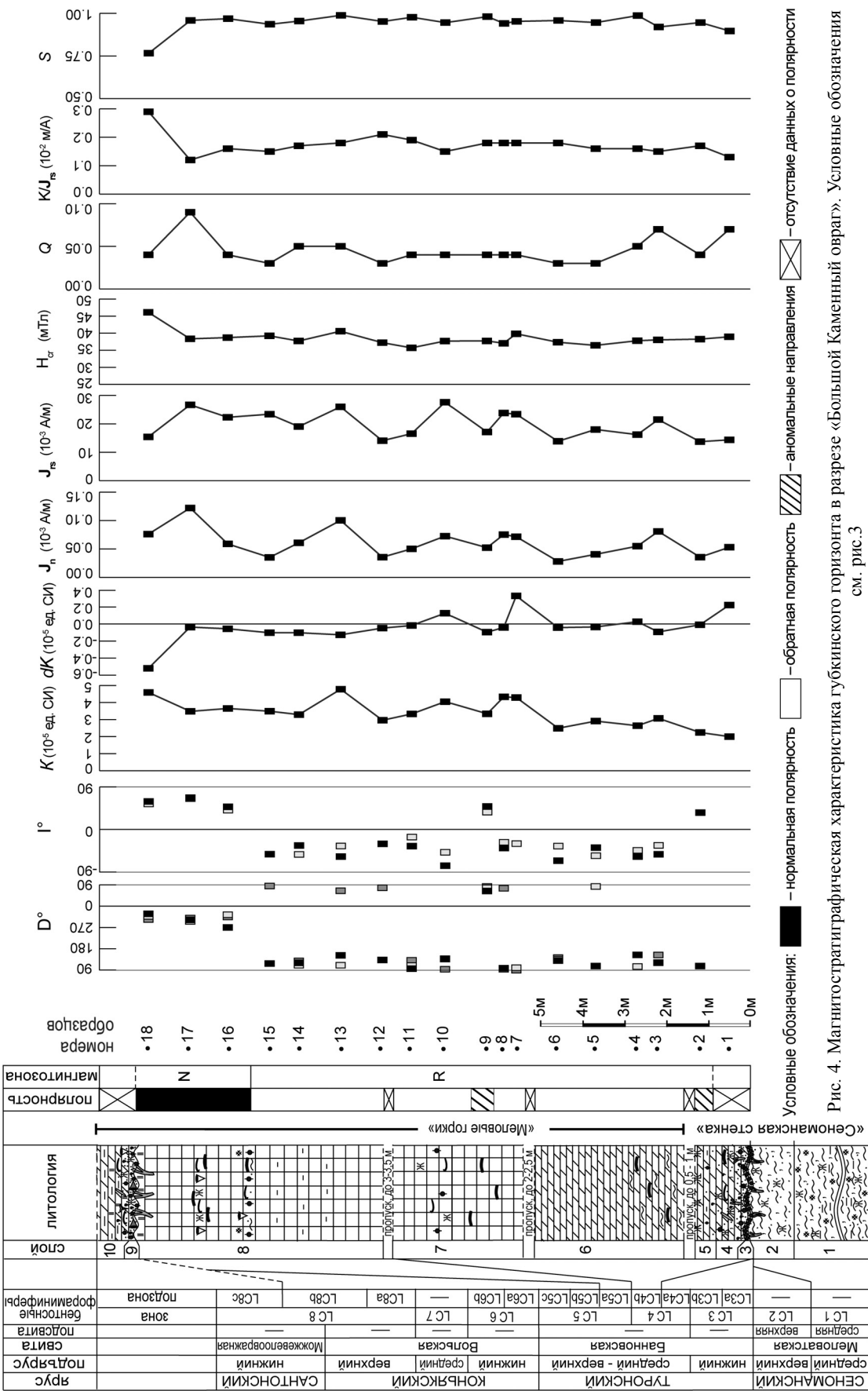


Рис. 4. Магнитоостратиграфическая характеристика губкинского горизонта в разрезе «Большой Каменный овраг». Условные обозначения см. рис.3



sp. Многочисленны фрагментированные мелкие зубы селяхивых рыб: *Paleoanacorax obliquus* (Gl.), *Cretoxyrina denticulata* (Gl.), *Eostriatolamia* ex. gr. *subulata* (Ag.), *Protolamna* sp., *Synechodus dispar* Reuss, *Squatina melleri* Reuss, *Paraarthachodus recurvus* (Gl.), *Acrodus* sp. Встречены зубы костистых рыб и челюстные пластины химер, копролиты рыб и декапод. Почти все фоссилии переотложены из подстилающих сеноманских отложений. Мощность 0,1 м.

4. Мергель серо-зеленый песчаный, комковато-рыхлый, в нижней части он пронизан вертикальными ходами роющих организмов. Псаммитовая составляющая кварцево-глауконитовая, тонкозернистая, содержание терригенного материала максимально в подошве слоя, где порода наиболее рыхлая. Равномерно рассеяны черные и темно-коричневые фосфориты диаметром до 1,5 см, которые слабо сконцентрированы в средней части слоя, а в нижней его трети отмечены редкие буро-коричневые фосфориты диаметром до 1,5 см. Верхние две трети слоя обогащены железистыми стяжениями, бобовинами красно-коричневого цвета диаметром до 1–2 см в верхней части и до 3–4 см в нижней. Поверхность подошвы неровная, нечеткая. Собраны двустворчатые моллюски *Monticulina nikitini* (Ark.), *Gryphaeostrea lateralis* Nils., *G.* sp., *Inoceramus lamarki* Park., *Руснодонт* sp., *Hyotissa sibirica* (Glas.), *H. semiplicata* (Sob.), *H.* sp., *Oxytoma densicostata* A. Ivanov, *Agerostrea falcata* (Mort.), *A. lunata* (Nils.), *Cerastostrea* sp., *Spondylus spinosus* Sow., *Chlamys* sp., *Lima* sp., *Entolium* sp., *Radiolaewella* sp., ростры белемнитов *Actinocamax* cf. *intermedius* Naid. Мощность 0,5–0,8 м.

5. Мергель светло-серый и серо-желтый, плотный, с едва уловимой тонкой параллельной слоистостью, по которой при выветривании формируется плитчатая отдельность. Терригенная примесь едва прослеживается и представлена кварцевыми зёрнами алевритовой размерности и редкими темно-коричневыми и черными фосфоритами диаметром до 0,5 см. Видимая «кровля» приурочена к тонкому прослою мергеля мощностью до 2 см, ярко окрашенного гидроокислами железа в желто-красный цвет. Видимая мощность 0,5 м.

Далее описание продолжается по разрезу «Меловые горки».

6. Мергель серый и светло-серый, глинистый с примесью равномерно рассеянного кварцевого алевритового материала. Порода неясно слоистая, трещиноватая. В нижней части встречены фрагменты призматического слоя створок иноцерамов. Видимая мощность 4–4,5 м.

7. Мел писчий светло-серый, плотный, неяснослоистый и с рассеянными желтыми пятнами окислов железа. В средней части отмечен уровень разрозненных мелких черных фосфоритов и раковинного детрита, к которому приурочены находки бивальвий *Mytiloides striatoconcentricus* (Gümb) и

аммонитов *Hyphantoceras reussianum* (d'Orbigny), *Scaphites geinitzi* d'Orbigny. В нижней части слоя найдены тонкие створки мелких иноцерамов. Видимая мощность 2–2,3 м.

8. Мел писчий белый, в прослоях с содержанием пелитового материала – светло-серый, неяснослоистый, плотный, по трещинам сформирована крупная блоковая отдельность, иногда в виде плит. В верхней части прослежен уровень распространения черных мелких окатанных фосфоритов продолговатых и овальных очертаний размером от первых миллиметров до 1–1,5 см. Здесь порода обогащена кварцево-глауконитовым тонкозернистым материалом и чешуями слюды. В этом же интервале найдены разрозненные членики морских лилий, мелкие створки устриц, брахиопод, иноцерамов, коричневые зёрна копрогенного материала и фрагменты тонких стенок кремниевых губок – гексактинеллид, последние выполнены окислами железа.

В 1 м выше хорошо выделяется уровень ярко пятнистого неравномерного окрашивания породы в желтый и красно-желтый цвет. Это обусловлено выполнением окислами железа фрагментов скелетов тонкостенных губок – гексактинеллид и устриц, призматического слоя иноцерамусов, нагромождения которых образуют линзы и прослои. Плохая первичная сохранность фоссилий не позволяет определить принадлежность губок детальнее рода: *Etheridgia* sp., *Lepidospongia* sp., *Napaeana* sp., *Ventriculites* sp. – и колониальные формы *Leptophragmidae*.

Близ поверхности кровли sporadически прослеживается фарфоровидная кремнисто-фосфатная порода белого цвета, неяснослоистая, с острыми режущими краями и раковистым сколом. Порода с соляной кислотой не реагирует. Мощность этого прослоя до 5–8 см. Мощность слоя 5–5,5 м.

9. «Губковый», глауконитово-фосфоритовый горизонт. Песок кварцево-глауконитовый, неравномерно окрашенный в серый и серо-зеленый цвет с многочисленными пятнами желто-коричневой охры. Порода sporadически сцементирована карбонатно-кремнистым материалом. Многочисленны мелкие зёрна черных фосфоритов, сконцентрированных вместе с глауконитом в эрозионных понижениях подошвы глубиной до 2–3 см и протяженностью до 5 см. Распространены дресва и ксенолиты подстилающих белых опоковидных мергелей размером до 5–8 см, иногда пронизанные тонкими ходами роющих организмов. Поверхность подошвы четкая, очень неровная, с резкими и неглубокими эрозионными врезами. Встречаются редкие фрагменты фосфатизированных скелетов кремниевых губок. Мощность 0,1–0,15 м.

10. Мергель серый в нижней части – с неравномерно рассеянными пятнами ожелезнения, разных оттенков желтого цвета, а в верхней части – с участками прокремнения, темно-серого и



серо-синего цвета. Порода плотная, с крупноблоковой отдельностью. В верхней части постепенно переходит более глинистую, рыхлую и светлоокрашенную разновидность. В нижней части рассеяны псаммитовый кварцево-глауконитовый материал и зерна черных фосфоритов. Встречены двусторчатые моллюски *Sphenoceras* cf. *cardissoides* (Gold.), *Chlamys cretosa* (Defr.), *Syncyclonema splendens* (Lah.), *Lopha semiplana flabelliformis* (Nils.), *Amphidonte* sp., белемнит *Actinocamax* cf. *verus fragilis* Arkh. [15], фрагменты зубов селяхий, фрагменты фосфатных и выполненных гидроокислами железа скелетов кремниевых губок: (*Cephalites*) *Cephalites* sp., (*Cephalites*) *Ortodiscus* sp. *Etheridgia* sp., *Microblastium* sp., *Guettardiscyphia* sp. Видимая мощность 0,5–0,7 м.

Представления о биостратиграфическом строении разреза

Состав и структура ориктокомплексов, выделенных в верхнемеловых карбонатных породах БКО, соотносятся с установленными ранее комплексами беспозвоночных из синхронных образований в серии рядом расположенных разрезов [8, 15, 16, 19]. На протяжении многих лет из нижней части карбонатных пород собирались фрагменты ростров белемнитов и створки устриц, которые из-за неполной сохранности редко оказывались пригодными для валидных определений. Тем не менее комплекс фоссилий из слоя 4 характеризует среднетуронский возраст вмещающих пород. Он широко распространен на территории Поволжья. В средней и в верхней части разреза БКО фрагменты фоссилий выделены при проведении шурфования. В частности, из слоя 7 установлены аммониты *Hyphantoceras reussianum* (d'Orbigny) и *Scaphites geinitzi* d'Orbigny, которые, по мнению В. Б. Сельцера, проводившего их определение, являются представителями познетуронской малакофауны.

При сравнении карбонатных пород губкинского горизонта, изученных в разрезах «Красный Яр», «Меловатка», «Мирошники» и «Каменный Брод», синхронные интервалы отложений в разрезе БКО отличаются очень маломощным, «зрелым» фосфоритовым горизонтом в основании карбонатных пород, сокращенной мощностью и ограниченным биостратиграфическим интервалом.

Эти особенности обусловлены конседиментационным развитием Жирновской брахиантиклинальной структуры как в начале губкинского времени, так и пред сантонским осадконакоплением. Изученные разрезы «Сеноманская стенка» и «Меловые горки» расположены ближе к современному своду локальной положительной структуры, нежели удаленные от оси северной части Доно-Медведицких дислокаций разрезы «Красный Яр», «Меловатка» [15, 16]. Разрез «Каменный Брод», как предполагается, приурочен

к седловине, разделяющей северную и южную части Доно-Медведицких дислокаций [8].

Бентосные фораминиферы. Сообщества фораминифер изучены из 18 образцов (см. рис. 3–4), в которых установлены как планктонные (ПФ), так и бентосные формы. Раковины характеризуются хорошей сохранностью, в образце 2 отмечается практически полное отсутствие фораминифер, что, вероятно, связано с их растворением при обработке проб.

ПФ встречаются во всех образцах, представлены видами с двурядным либо трохидным строением раковины. Более детально изучались представители бентосных сообществ, на основе которых и представлен детальный биостратиграфический анализ.

Сообщества БФ характеризуются небольшим разнообразием, всего установлены представители 20 видов, среди которых преобладают формы с секреторной раковинкой, агглютинированных форм мало. Во всех пробах присутствуют крупноразмерные раковины лентикюлин и нодозариид. Выделены две биозоны, отвечающие среднему и верхнему турону, в соответствии с представлениями В. Н. Беньямовского [27].

В интервале образцов № 1–11 (слои 4–7) выделен комплекс БФ, соответствующий среднетуронской подзоне *Gavelinella moniliformis ukrainica* LC4b зоны *Gavelinella moniliformis moniliformis*/*Gavelinella ammonoides* LC4. Здесь установлены виды-индексы *Gavelinella moniliformis ukrainica* (Vas.), *G. ammonoides* (Reuss), а также характерные для турона агглютинирующие *Marssonella* sp., *Verneuilina muenstery* (Reuss), *Arenobulimina presli* (Reuss), *Ataxophragmium initiale* Wolosch., *Eggerelina brevis* (d'Orbigny) и секретирующие формы *Gyroidinoides nitida* (Reuss), *Berthelina berthelini* (Keller), *Valvulineria lenticula* (Reuss), *Cibicidoides praeeriksdalensis* (Vass.), *Praebulimina reussi* (Morr.), *Tappanina eouvigeriniformis* (Keller), *Reussella carinata* (Vasilenko). В кровле слоя 7 отмечены единичные *Pseudovalvulineria praeinfrasantonica* (Mjatl.).

Выше, в интервале образцов 12–18 (слой 8) установлен средне-верхнетуронский комплекс БФ, отвечающий подзоне *Protostenioeina praeexculpta* LC5a зоны *Protostenioeina praeexculpta*/*Ataxophragmium compactum* LC5. Этот комплекс выделяется по появлению вида-индекса *Protostenioeina praeexculpta* (Keller), что знаменует собой начало стенсиоинового этапа развития БФ в Восточно-Европейской провинции. Видовой состав комплекса незначительно обновляется за счет появления *Cibicides polyrraphes juncta* Vas., *Eponides carsteni* (Reuss). В остальном этот комплекс БФ полностью соответствует комплексу из нижележащих отложений, резких смен внутри сообщества не происходит, что указывает на отсутствие значительных перерывов в осадконакоплении и каких-либо изменений среды обитания.



Комплекс БФ, установленный в разрезе БКО, характерен для турона Нижнего и Среднего Поволжья [6, 8, 18, 19]. Выделенный комплекс БФ особенно близок по своему составу к ранее изученному комплексу в разрезе «Озерки-2» [6, 18], по сравнению с которым разрез БКО наращивается за счет присутствия более молодых отложений подзоны LC5a и их большей мощности.

Магнитостратиграфия. Магнитная минералогия и петромагнетизм. Изученные отложения слабо дифференцированы по магнитным свойствам: K варьирует от $2.0 \cdot 10^{-5}$ до $4.8 \cdot 10^{-5}$ ед. СИ, J_n – от $0.03 \cdot 10^{-3}$ до $0.12 \cdot 10^{-3}$ А/м. Тем не менее на графике K и менее выразительно на кривых J_n , J_{rs} , K/J_{rs} слои 7, 8 выделяются повышенным значением параметров по сравнению со слоями 4–6 (см. рис. 4).

По результатам магнитного насыщения во всех образцах фиксируется исключительно магнитомягкая фаза (J_{rs} в основном приобретает в полях 100–200 мТл, а разрушается при 35–46 мТл), характерная для тонкодисперсного магнетита (рис. 5, а).

Зависимости $J_i(T)$, соответствующие слою 6, практически не информативны. Но в чуть

более сильномагнитных слоях 7, 8 на термомагнитных кривых обнаруживаются два отчетливых перегиба (рис. 5, б): один из них соответствует температуре Кюри магнетита (578°C), другой, в районе 480°C , может быть диагностирован только предположительно. Возможно, он соответствует магнетиту иной размерности [28], но более вероятно, что замедление падения намагниченности при $\sim 480^\circ\text{C}$ связано с микроконцентрациями пирита в остатках органического вещества в породах. В пользу последней версии свидетельствуют, во-первых, данные по зависимости магнитной восприимчивости от температуры, фиксирующие небольшой прирост K , вплоть до $300\text{--}350^\circ\text{C}$ в некоторых образцах (рис. 5, в), во-вторых, материалы по анизотропии магнитной восприимчивости до и после нагрева до 500°C (рис. 5, з). После нагрева магнитная текстура значительно улучшается и становится близка к первичной текстуре осадочных пород, для которой характерны группировка коротких осей эллипсоидов магнитной восприимчивости в центре стереопроекции и доминирование частиц плоской формы (см. рис. 5, з). Предположения о наличии других магнитомягких минералов, на-

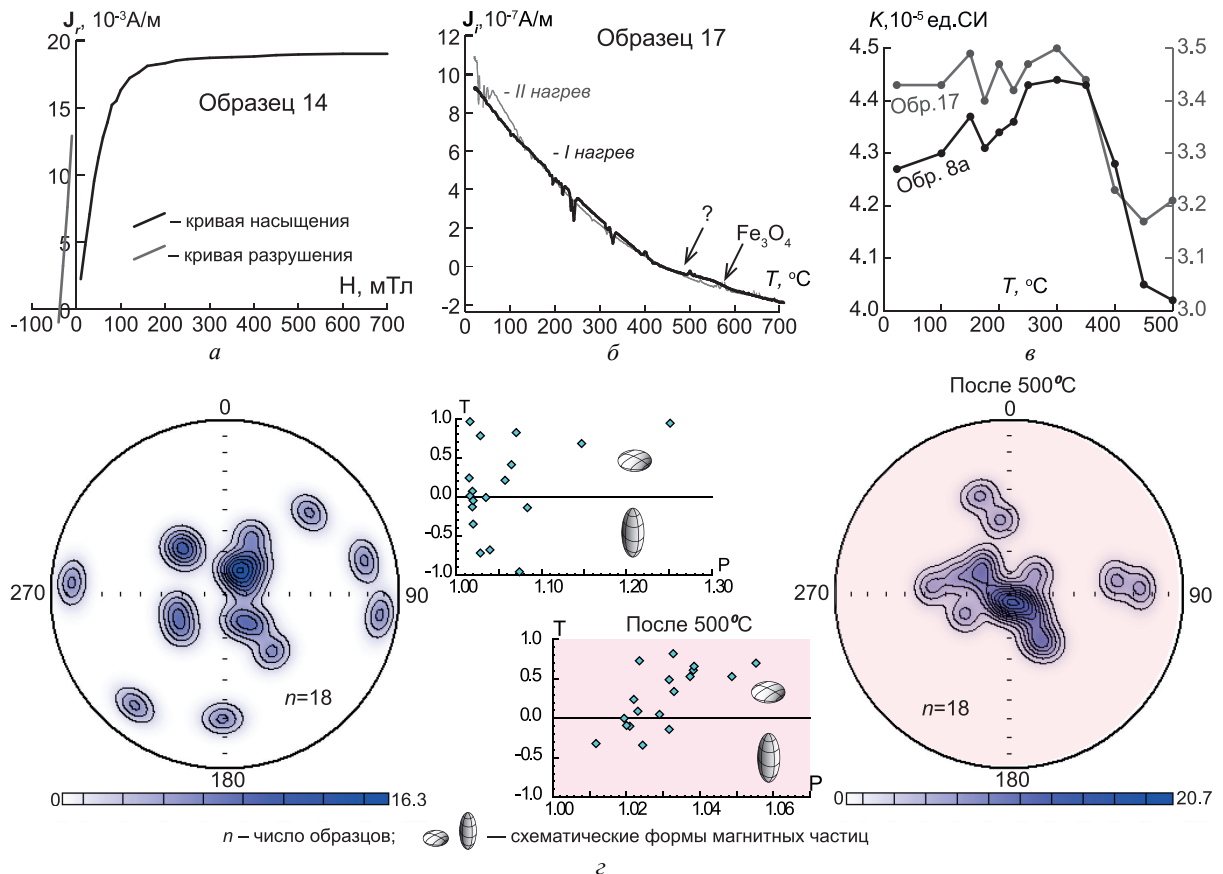


Рис. 5. Результаты магнито-минералогического анализа: а – графики зависимостей магнитной восприимчивости от температуры; б – кривые магнитного насыщения и разрушения; в – кривые термомагнитного анализа (ТМА); г – данные по анизотропии магнитной восприимчивости до (слева) и после (справа) прогрева образцов на 500°C : стереографические схемы концентраций коротких осей эллипсоидов магнитной восприимчивости в палеогеографической системе координат и диаграммы Р–Т (Р – параметр анизотропии, Т – параметр формы. Положительные или отрицательные значения Т указывают на преобладание ферромагнитных частиц уплощенной или удлиненной формы соответственно)



пример маггемите, следует исключить, потому что фазовый переход маггемита сопровождается образованием гематита, наличия которого не зафиксировано ни при втором нагреве, ни при магнитном насыщении, выполненном после нагрева.

Термокаппаметрические данные подтверждают гипотезу об отсутствии других носителей намагниченности в разрезе, кроме магнетита. Замеры K после чисток свыше 350–400°C (см. рис. 5, в) и значения dK (см. рис. 4) фиксируют в основном уменьшение магнитной восприимчивости, что связано с окислением Fe_3O_4 в процессе нагрева образцов.

Наличие магнитожегстой фазы ($H_{cr} = 46$ мТл и $S = 0.77$) зафиксировано только в кровле разреза и, очевидно, связано с гидроокислами железа, которыми изобилует «подгубковый» горизонт.

Низкие значения фактора Q (< 0.1), наблюдаемые по всему разрезу (см. рис. 4), характерны для ориентационной (посториентационной) намагниченности и совершенно не типичны для химического генезиса J_n . В совокупности с первичной осадочной магнитной текстурой это является благоприятным фактором при палеомагнитном исследовании, потому что ориентационный генезис намагниченности является синонимом ее первичности.

Палеомагнетизм. Результаты магнитных и температурных чисток обнаружили хорошую сходимость (рис. 6). Несмотря на невысокие значения J_n , удалось выделить характеристические компоненты (**ChRM**) приемлемого качества с максимальным углом отклонения менее 15° (в основном $< 10^\circ$) (рис. 4, 7). Исключением являются нижние два уровня (слои 4, 5 с фосфоритами), на которых компоненты J_n либо не выделяются, либо имеют аномальные направления (обр. 2), что типично для конденсированных слоев.

ChRM, соответствующие слоям 6, 7 и нижней части слоя 8 (обр. с 3 по 15), закономерно группируются в юго-восточном секторе верхней полусферы (кроме обр. 9, в котором выделяются аномальные палеомагнитные векторы), что позволяет интерпретировать их как соответствующие обратной (R) полярности геомагнитного поля (см. рис. 4, 7).

В верхах разреза (образцы 16–18) **ChRM** закономерно группируются в северо-западном румбе нижней полусферы стереопроекции, что соответствует нормальной (N) полярности геомагнитного поля, и характеризуются хорошими (учитывая низкие величины J_n) показателями палеомагнитной стабильности (см. рис. 7).

Важнейшими аргументами в пользу первичности намагниченности являются выделение в разрезе магнитозон разного знака и отсутствие связи знака полярности с любыми нюансами вещественного состава отложений.

С целью обоснования древней природы намагниченности использовался тест обращения [29]. После отбраковки аномальных на-

правлений, соответствующих обр. 2 и 9 (которые, очевидно, являются стабилизированными суммами N - и R -компонент), результаты теста отрицательны: угол между нормализованными векторами (Y) 15.1°, критический угол (Y_k) 14.5°. Однако R -компоненты с пологими наклонами также в значительной степени «загрязнены» N -компонентами. В этом смысле они аналогичны аномальным векторам намагниченности, фиксируемым на уровне обр. 9. После исключения 5 направлений, соответствующих обратной полярности, с наиболее пологими наклонами (см. рис. 7), тест становится положительным: $Y = 13.6^\circ$, $Y_k = 13.9^\circ$ по классификации С. После нормализации всех **ChRM** к нормальной полярности по среднему направлению были рассчитаны координаты палеомагнитного полюса: $Lat = 42.2^\circ$, $Lon = 314.8^\circ$, $A_{95} = 6.6^\circ$, $\phi_m = 31.5^\circ$, где Lat , Lon , A_{95} и ϕ_m – широта, долгота, радиус круга доверия и палеоширота соответственно.

Обсуждение результатов. Проведенное биостратиграфическое изучение разреза карбонатных пород губкинского горизонта в разрезе БКО подтвердило высказанные ранее мнения о присутствии здесь только туронских образований [12, 15, 16]. В разрезе БКО выделены только две подзоны по БФ: LC4b и LC5a, которые прослежены и в разрезах «Каменный Брод», «Нижняя Банновка», «Сплавнуха-2», «Озерки-2», но в этих разрезах биостратиграфический интервал более широкий за счет низких уровней турона и присутствия отложений нижнего и среднего коньяка. При этом мощность пород, соответствующих указанному двум подзонам (LC4b и LC5a), в разрезе БКО сопоставима и даже больше, чем в упомянутых разрезах.

Сокращенный биостратиграфический интервал и небольшая мощность пород губкинского горизонта в разрезе БКО при сравнении с синхронными образованиями, изученными в сопоставляемых разрезах, обусловлены конседиментационным развитием Жирновской брахиантиклинали в предтуронское и предсантонское время.

Магнитополярные данные по разрезу БКО удовлетворяют критериям надежности, принятым в магнитостратиграфии [30, 31]. При этом направления **ChRM**, несмотря на положительный результат теста обращения, имеют аномальный характер, выражающийся в кардинальном отличии координат палеомагнитного полюса по БКО от положений стандартных туронских–коньякских полюсов для стабильной Европы [32]. Теоретически подобное расхождение может быть обусловлено либо экзогенной тектоникой (например, оползнями), либо аномальным характером туронско–коньякского геомагнитного поля. Последняя версия подтверждается недавно полученными данными по коньяку–сантону Юго-Западного Крыма, в которых палеомагнитные векторы, соответствующие нормальной полярности, коренным

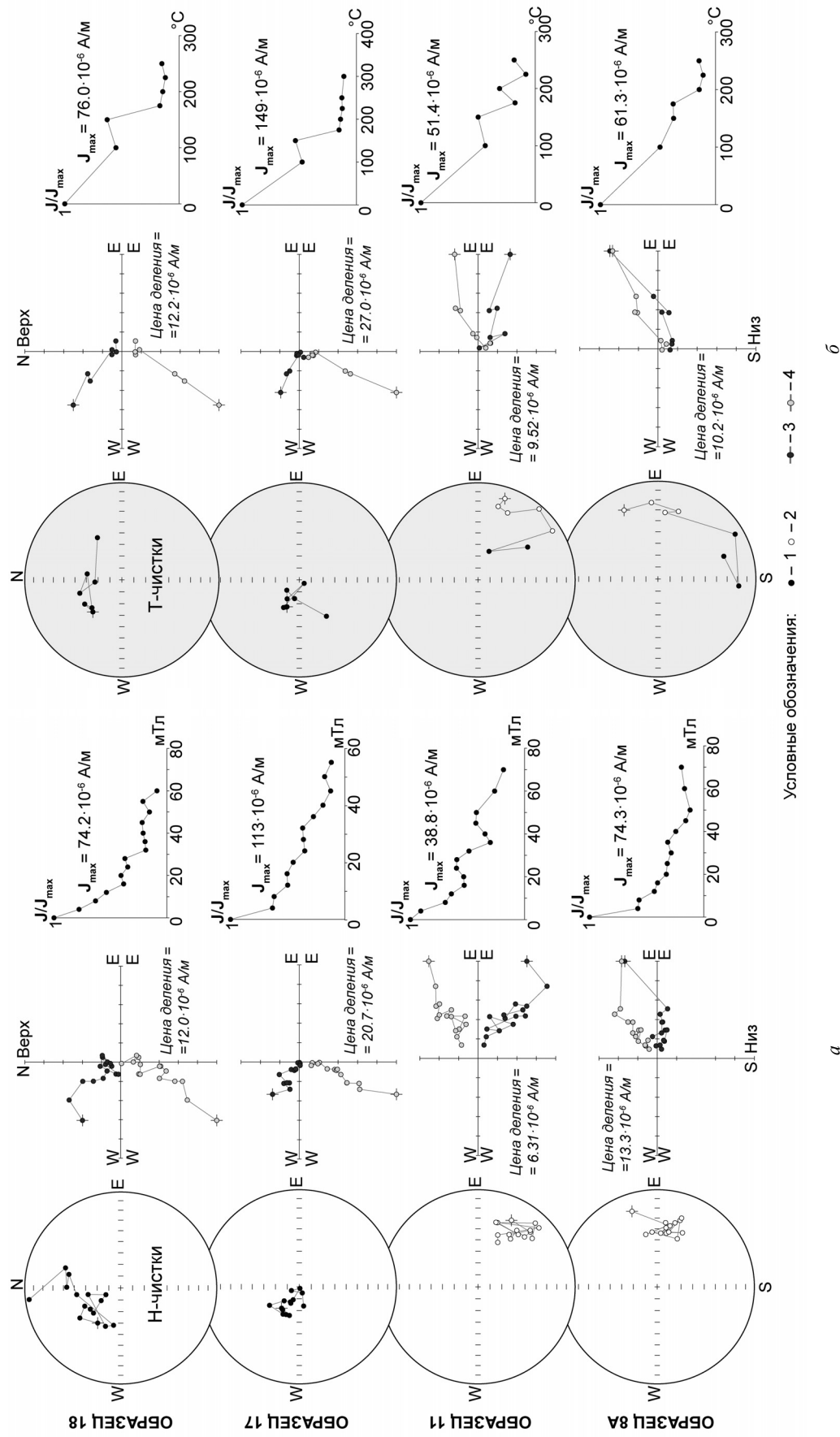


Рис. 6. Сопоставление результатов магнитных чисток (а) переменным полем (Н-чистки) и (б) температурой (Т-чистки) в стратиграфической системе координат (слева направо: стереографические изображения изменения векторов J_n в процессе Н- и Т-чисток, диаграммы Зейдверльда, графики размагничивания образцов). Условные обозначения: 1, 2 – проекции J_n на нижнюю и верхнюю полушеры соответственно; 3, 4 – проекции J_n на горизонтальную и вертикальную плоскости соответственно

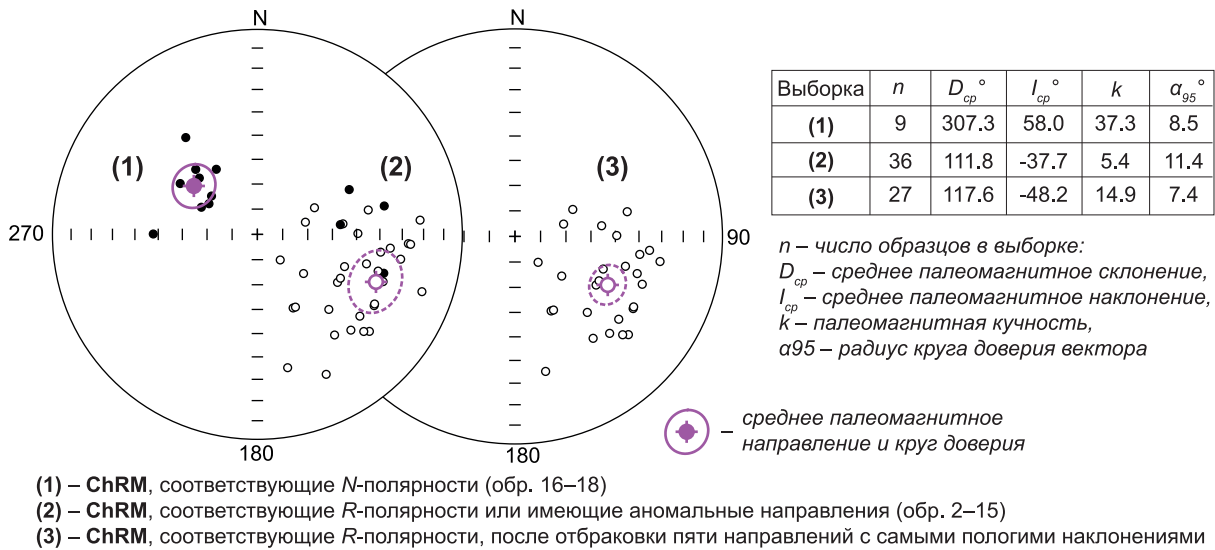


Рис. 7. Результаты палеомагнитных исследований: стереопроекции совокупностей ChRM в стратиграфической системе координат и статистические палеомагнитные параметры распределений ChRM

образом отличаются от направлений, характерных для более молодых (кампанских – маастрихтских) отложений Горного Крыма [33, 34].

Наличие зоны обратной полярности в одно-возрастных отложениях ранее было установлено в четырех разрезах Саратовского Правобережья – близ сел Озерки и Липовка Лысогорского района [6, 7] (рис. 8). Аномальная магнитозона обратного знака в коньякском ярусе выявлена в разрезе «Каменный Брод» (Волгоградская обл.) [8] (см. рис. 8).

В то же время магнитозона обратной (или аномальной) полярности фиксируется не во всех разрезах турона–коньяка Саратовского и Волгоградского Поволжья. Результаты магнитостратиграфической корреляции вступают в противоречие с традиционными представлениями о возрастных взаимоотношениях разрезов.

В совокупности с имеющимися сведениями об обратной намагниченности туронских и коньякских отложений разных регионов [35], частично зафиксированных в Общей магнитостратиграфической шкале («Клюевская» R-зона внутри коньякского яруса), новые данные по БКО обязывают всерьез рассматривать гипотезу о наличии продолжительных эпох обратной полярности в туронском–коньякском веках. Однако для ее доказательства необходимо проследить магнитозоны обратной полярности в одновозрастных отложениях разных регионов. Локализация эффекта обратной намагниченности туронских–сантонских отложений только в отдельных разрезах или районах, при условии доказательства первичности намагниченности, будет аргументом в пользу существования аномального (недипольного) состояния геомаг-

нитного поля на протяжении нескольких веков позднемеловой эпохи.

Версия о перемагничивании отложений с учетом полученных данных по БКО становится совсем не очевидной ввиду положительного результата теста инверсий и других фактов, свидетельствующих в пользу древнего возраста намагниченности. Но исключать ее из рассмотрения нельзя. Если будет найдено обоснование механизма перемагничивания туронских – сантонских пород на значительной площади, то это станет не менее значимым научным результатом, чем доказательство первичности намагниченности, потому что приведет к критическому пересмотру большого количества мировых магнитостратиграфических данных.

Авторы благодарны доценту геологического факультета Саратовского государственного университета В. Б. Сельцеру за проведенные определения цефалопод, аспиранту К. С. Полковому, студентам Р. С. Дакирову и Н. С. Романову за сотрудничество при проведении полевых изысканий, профессору А. Ю. Гужикову за обсуждение результатов исследований.

Полевые работы и магнитостратиграфические исследования выполнены за счет гранта Российского научного фонда (проект № 20-77-00028 «Проверка гипотезы о существовании эпох обратной полярности в туронском, коньякском и сантонском веках (поздний мел)»). Изучение бентосных фораминифер выполнено при финансовой поддержке гранта РФФИ в рамках научного проекта № 20-35-90077/20 «Бентосные фораминиферы, как ключевой фактор детального расчленения и стратиграфической корреляции турон-коньякских отложений Поволжья».

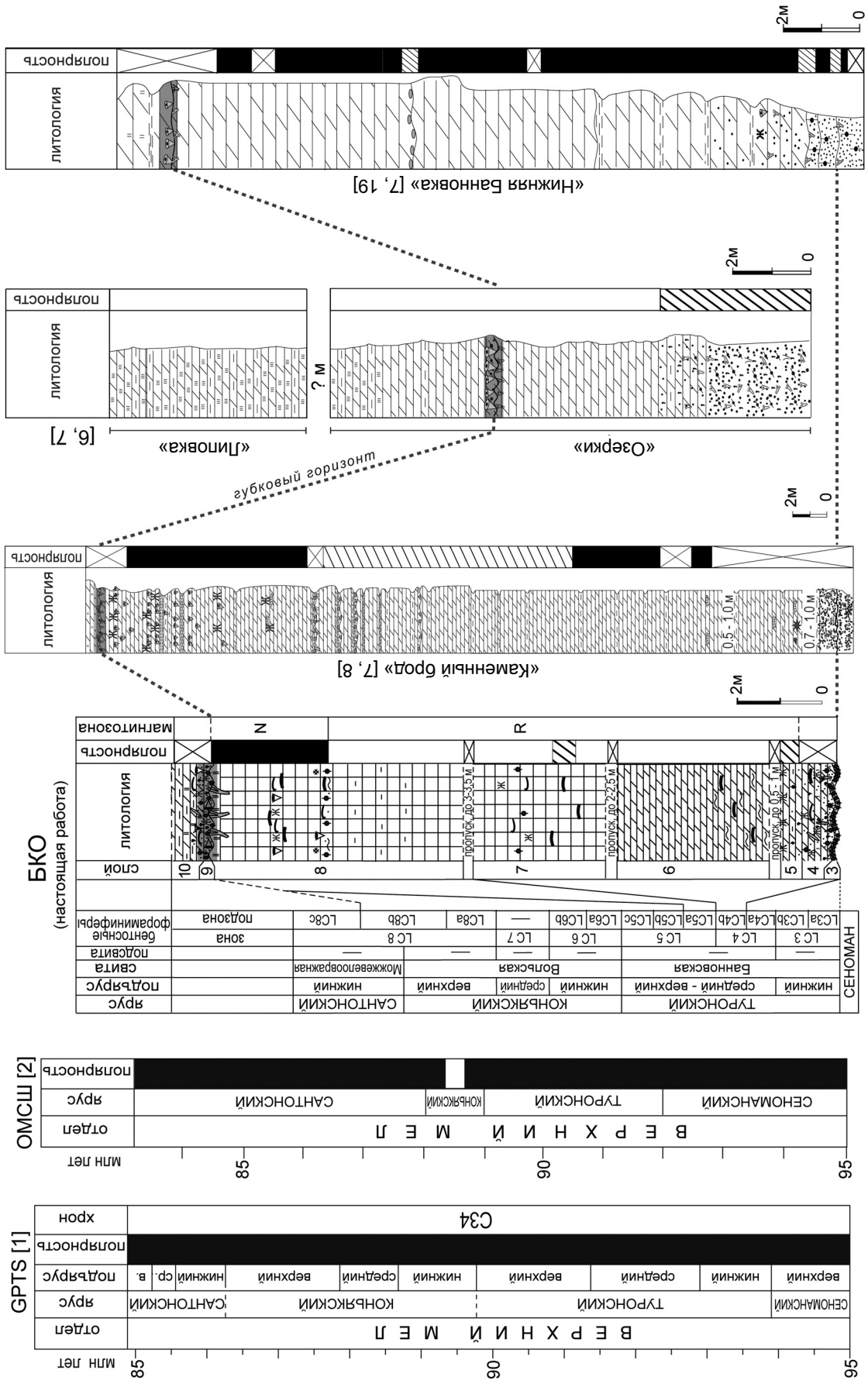


Рис. 8. Магнитостратиграфические характеристики губкинского горизонта в Саратовском и Волгоградском Правобережье и их сопоставление со Шкалой геомагнитной полярности (GPTS) и Общей магнитостратиграфической шкалой (ОМСШ). Условные обозначения см. рис. 3



Библиографический список

1. *Gradstein F. M., Ogg J. G., Schmitz M. B., Ogg G. M.* Geologic Time Scale 2020 (2020, published by Elsevier). [Электронный ресурс]. URL: <https://timescalefoundation.org> (дата обращения: 29.08.2020).
2. *Храмов А. Н., Шкатова В. К.* Общая магнитостратиграфическая шкала полярности фанерозоя // Дополнения к стратиграфическому кодексу России. СПб. : ВСЕГЕИ, 2000. С. 34–45.
3. *Гнибиденко З. Н., Лебедева Н. К., Шурыгин Б. Н.* Региональный магнитостратиграфический разрез верхнемеловых отложений юга Западной Сибири (Омская впадина) // Доклады АН. 2014. Т. 458, № 1. С. 83–87.
4. *Гужиков А. Ю., Молоствовский Э. А., Назаров Х., Фомин В. А., Барабошкин Е. Ю., Копачевич Л. Ф.* Магнитостратиграфические данные по верхнему мелу Туаркыра (Туркменистан) и их значение для общей палеомагнитной шкалы // Физика Земли. 2003. № 9. С. 31–44.
5. *Еремин В. Н., Назаров Х., Рамазанов С. А., Фомин В. А.* Магнитостратиграфия опорного разреза верхнего мела Западного Копетдага (Канавчай) // Известия АН Туркменистана. 1995. № 4. С. 163–169.
6. *Первушов Е. М., Сельцер В. Б., Калякин Е. А., Фомин В. А., Рябов И. П., Ильинский Е. И., Гужикова А. А., Бирюков А. В., Суринский А. М.* Комплексное био- и магнитостратиграфическое изучение разрезов «Озерки» (верхний мел, Саратовское правобережье). Ст. 1. Характеристика разрезов, результаты петромагнитных и магнитоминералогических исследований // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2017. Т. 17, вып. 2. С. 105–116.
7. *Guzhikova A. A., Guzhikov A. Y., Pervushov E. M., Ryabov I. P., Surinskiy A. M.* Existence of the Reversal Polarity Zones in Turonian-Coniacian from the Lower Volga (Russia) : New Data // Recent Advances in Rock Magnetism, Environmental Magnetism and Paleomagnetism. Springer Geophysics / eds. D. Nurgaliev, V. Shcherbakov, A. Kostrov, S. Spassov. Kazan : Springer, 2019. P. 353–369.
8. *Pervushov E. M., Ryabov I. P., Guzhikov A. Yu., Vishnevskaya V. S., Kopaevich L. F., Guzhikova A. A., Kalyakin E. A., Fomin V. A., Sel'tser V. B., Il'inskiy E. I., Mirantsev G. V., Proshina P. A.* Turonian–Coniacian Deposits of the Kamennyi Brod-1 Section (Southern Ulyanovsk-Saratov Trough) // Stratigraphy and Geological Correlation. 2019. Vol. 27, № 7. P. 804–839. DOI: <https://doi.org/10.1134/S0869593819070025>
9. *Opdyke N. D., Channell J. E. T.* Magnetic Stratigraphy. N.Y. : Academic press, 1996. 344 p.
10. Академик А. Д. Архангельский // Избр. тр. : в 2 т. Москва ; Ленинград : Издательство АН СССР, 1952. Т. 1. С. 133–466.
11. *Морозов Н.С., Орехова В. М.* Меловая система. Верхний отдел // Геология СССР : в 56 т. Т. 46. Ростовская, Волгоградская, Астраханская области и Калмыцкая АССР. Геологическое описание. М. : Недра, 1969. С. 318–361.
12. *Барышникова В. И.* Граница сеномана и турона в юго-восточной части Русской платформы // Вопросы геологии Южного Урала и Поволжья. Саратов : Издательство Саратовского университета, 1967. Вып. 4. С. 112–130.
13. *Барышникова В. И., Иванова А. Н., Морозов Н. С., Хабарова Т. Н.* Стратиграфия верхнемеловых отложений Саратовского и Сталинградского Поволжья // Материалы Всесоюз. совещания по уточнению унифицированной схемы стратиграфии мезозойских отложений Русской платформы // Труды / ВНИГНИ. 1961. Вып. 29. Т. 3. С. 110–119.
14. *Бондарева М. В., Морозов Н. С.* Сеноманские, туронские и коньякские отложения междуречья Медведицы и Волги в пределах Волгоградского междуречья // Вопросы геологии Южного Урала и Поволжья. Саратов : Издательство Саратовского университета, 1984. Вып. 24. С. 62–70.
15. *Салтыков В. Ф., Первушов Е. М.* Строение банновской свиты и ее взаимоотношения с соседними стратонами верхнего мела на севере Терсинской впадины (Волгоградская область) // Известия вузов. Геология и разведка. 2007. № 5. С. 8–13.
16. *Салтыков В. Ф., Первушов Е. М.* Верхнемеловые местные стратиграфические подразделения Терсинской впадины (Волгоградская область) // Меловая система России и ближнего зарубежья : проблемы стратиграфии и палеогеографии : сб. науч. трудов / под ред. Е. М. Первушова. Саратов : Издательство Саратовского университета, 2007. С. 204–221.
17. *Первушов Е. М.* Биостратония событийных образований (верхний мел правобережного Поволжья) // Позвоночные палеозоя и мезозоя Евразии : эволюция, смена сообществ, тафономия и палеобиогеография : материалы конф., посвященной 80-летию со дня рождения В. Г. Очева (1931–2004). М. : ПИН РАН, 2011. С. 38–40.
18. *Первушов Е. М., Сельцер В. Б., Калякин Е. А., Фомин В. А., Рябов И. П., Ильинский Е. И., Гужикова А. А., Бирюков А. В., Суринский А. М.* Комплексное био- и магнитостратиграфическое изучение разрезов «Озерки» (верхний мел, Саратовское правобережье). Ст. 2. Характеристика ориктокомплексов и биостратиграфия // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2017. Т. 17, вып. 3. С. 182–199.
19. *Первушов Е. М., Сельцер В. Б., Калякин Е. А., Ильинский Е. И., Рябов И. П.* Туронские – коньякские отложения юго-западной части Ульяновско-Саратовского прогиба // Известия вузов. Геология и разведка. 2019. № 5. С. 10–27. DOI: <https://doi.org/10.32454/0016-7762-2019-5-10-27>
20. *Первушов Е. М., Сельцер В. Б., Калякин Е. А., Рябов И. П.* Сантон Вольско-Хвалынской структурной зоны. Ст. 1. История исследования и строение разрезов // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2020. Т. 20, вып. 3. С. 192–203. DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2020-20-3-192-203>
21. *Первушов Е. М., Сельцер В. Б., Калякин Е. А., Рябов И. П.* Сантон Вольско-Хвалынской структурной зоны. Ст. 2. Биостратиграфия и современное структурное положение // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2020. Т. 20, вып. 3. С. 204–221. DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2020-20-3-204-221>
22. *Молоствовский Э. А., Храмов А. Н.* Магнитостратиграфия и ее значение в геологии. Саратов : Издательство Саратовского университета, 1997. 180 с.
23. *Гужиков А. Ю.* Геологическая информативность магнетизма керн и шлама осадочных пород, полученных при бурении разведочных скважин // Приборы и системы разведочной геофизики. 2013. № 4(46). С. 51–61.



24. Зозырев Н. Ю. Сенومان юго-востока Рязано–Саратовского прогиба : стратиграфия и палеогеография : автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук. Саратов, 2006. 24 с.
25. Зозырев Н. Ю. Меловатская свита (сенومان правобережного Поволжья) : новые данные по стратиграфическому положению и объему // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2006. Т. 6, вып. 1. С. 31–38.
26. Первушов Е. М., Попов Е. В., Зозырев Н. Ю. Выделение перспективных зон фосфоритонакопления в верхнемеловых отложениях Правобережного Поволжья на основе детальной стратификации и палеоструктурных реконструкций // Третий Саратовский салон изобретений, инноваций и инвестиций : в 2 ч. Саратов : Издательство Саратовского университета, 2007. Ч. 1. С. 92–93.
27. Беньямовский В. Н. Схема инфразонального расчленения верхнего мела Восточно-Европейской провинции по бентосным фораминиферам. Ст. 1. Сенومان – коньяк // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 2008. Т. 16, № 3. С. 36–46.
28. Буров Б. В., Ясонов П. Г. Введение в дифференциальный терромагнитный анализ. Казань : Издательство Казанского университета, 1979. 159 с.
29. McFadden P. L., McElhinny M. W. Classification of the reversal test in palaeomagnetism // Geophys. J. Int. 1990. Vol. 103. P. 725–729.
30. Гужиков А. Ю. О решении «неразрешимых» стратиграфических задач (комментарии к статье В. Ю. Брагина, О. С. Дзюба, А. Ю. Казанского и Б. Н. Шурыгина «Новые данные по магнитостратиграфии пограничного юрско-мелового интервала п-ова Нордвик (север Восточной Сибири)») // Геология и геофизика. 2013. Т. 54, № 3. С. 456–462.
31. Дополнения к стратиграфическому кодексу России. СПб. : ВСЕГЕИ, 2000. 112 с.
32. Besse J., Courtillot V. Apparent and true polar wander and the geometry of the geomagnetic field over the last 200 Myr. // J. Geophys. Res. 2002. № 107(B11). P. 1–31. DOI: <https://doi.org/10.1029/2000JB000050>
33. Гужиков А. Ю., Федулеев Д. В. Палеомагнетизм коньякских–сантонских отложений разреза Аксу-Дере (ЮЗ Крым) // Геологические науки-2019 : материалы науч. межвед. конф. (с междунар. участ.). Саратов : Техно-Декор, 2019. С. 80–81.
34. Гужикова А. А. Первые магнитостратиграфические данные по маастрихту Горного Крыма (Бахчисарайский район) // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2018. Т. 18, вып. 1. С. 41–49.
35. Гужиков А. Ю., Барабошкин Е. Ю., Фомин В. А. Магнитостратиграфическая шкала меловой системы : современное состояние, проблемы построения и перспективы развития // Меловая система России и ближнего зарубежья : проблемы стратиграфии и палеогеографии : сб. науч. трудов / под ред. Е. М. Первушова. Саратов : Издательство Саратовского университета, 2007. С. 69–86.

Образец для цитирования:

Гужикова А. А., Первушов Е. М., Рябов И. П., Фомин В. А. Магнитозона обратной полярности в туроне–коньяке северного окончания Доно-Медведицких дислокаций // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2020. Т. 20, вып. 4. С. 262–277. DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2020-20-4-262-277>

Cite this article as:

Guzhikova A. A., Pervushov E. M., Ryabov I. P., Fomin V. A. The Reversal Polarity Zone in Turonian-Coniacian of the Northern end of Dono-Medvediza Dislocations. *Izv. Saratov Univ. (N. S.), Ser. Earth Sciences*, 2020, vol. 20, iss. 4, pp. 262–277 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2020-20-4-262-277>



УДК 551.732.2:562

Крибрициаты нижнекембрийской олдындинской свиты (Западное Забайкалье)

М. С. Скрипников, Л. И. Ветлужских

Скрипников Михаил Сергеевич, аспирант, Геологический институт Сибирского отделения Российской академии наук, Улан-Уде, m1skr@ya.ru

Ветлужских Лариса Ивановна, кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник лаборатории геодинамики, Геологический институт Сибирского отделения Российской академии наук, Улан-Уде, vetluzhskikh@ginst.ru

В карбонатных отложениях олдындинской свиты (Западное Забайкалье) в большом количестве обнаружены крибрициаты, ранее считавшиеся личиночной формой археоциат. Описанные А. Г. Вологдиным в 1932 г., крибрициаты характерны для нижнекембрийских отложений Урало-Монгольского пояса и редко встречаются за его пределами. Известные с середины томмотского века на территории Алтае-Саянской области, дальнейшее их развитие шло на периферии Сибирской платформы. Изучение этих организмов позволяет уточнить корреляцию отложений Западного Забайкалья и Алтае-Саянской области, Восточного Забайкалья, Приморья и Сибирской платформы.

Ключевые слова: нижний кембрий, Западное Забайкалье, крибрициаты, олдындинская свита.

Поступила в редакцию: 20.07.2020 / Принята: 21.09.2020 / Опубликована: 30.11.2020

Статья опубликована на условиях лицензии Creative Commons Attribution License (CC-BY 4.0)

Cribricyaths of the Lower Cambrian Oldynda Suite (Western Transbaikalia)

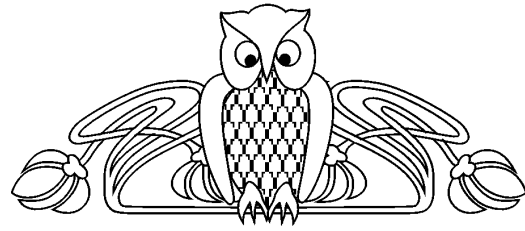
M. S. Skripnikov, L. I. Vetluzhskikh

Mikhail S. Skripnikov, <https://orcid.org/0000-0002-4614-0610>, Geological Institute of Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, 6a Sakhyanovoy St., Ulan-Ude 670047, Russia, m1skr@ya.ru

Larisa I. Vetluzhskikh, <https://orcid.org/0000-0002-3088-8544>, Geological Institute of Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, 6a Sakhyanovoy St., Ulan-Ude 670047, Russia, vetluzhskikh@ginst.ru

A large number of cribricyaths previously considered as archaeocyathan larvae was found in the carbonate deposits of Oldynda suite. Described by A. G. Vologdin in 1932 cribricyaths are characteristic of the lower Cambrian deposits of Ural-Mongolian belt and are rarely found outside of it. They are known from the Tommotian of Altai-Sayan folded area and their further development took place on the periphery of the Siberian platform. The study of these organisms makes it possible to clarify the correlation of deposits of the Western Transbaikalia with Altai-Sayan folded area, Eastern Transbaikalia, Far East and Siberian platform.

Keywords: lower Cambrian, Western Transbaikalia, cribricyaths, oldynda suite.



Received: 20.07.2020 / Accepted: 21.09.2020 / Published: 30.11.2020

This is an open access article distributed under the terms of Creative Commons Attribution License (CC-BY 4.0)

DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2020-20-4-278-284>

Введение. В связи с широким развертыванием средне- и крупномасштабных геолого-съёмочных и геолого-поисковых работ, имевших место со второй половины XX в. на территории Западного Забайкалья, в большом количестве были обнаружены карбонатные отложения, содержащие остатки археоциат, трилобитов и известковых водорослей, что впоследствии позволило выделить шесть основных структурно-фациальных зон (СФЗ) нижнепалеозойского осадконакопления. Важным открытием явилась находка археоциатовых комплексов атдабанского-ботомского времени в бассейнах рек Хулудый, Ульдзуйтуй и Левая Олдында, чему способствовали проводимые тематические биостратиграфические исследования. Полученные результаты впоследствии нашли отражение в ряде фондовых и опубликованных работ [1, 2].

Нижнекембрийские отложения вулканогенно-карбонатной олдындинской свиты приурочены к юго-западной части Витимского плоскогорья Удино-Витимской СФЗ. Свита представлена дифференцированными вулканитами и археоциатово-водорослевыми известняками, где последние выполняют многочисленные биогермы (размером до сотни метров), биостромы и линзы в субвулканических отложениях. В последние годы в пределах Западного Забайкалья была выделена и изучена Удино-Витимская островодужная система, входящая в состав более обширной Забайкальской зоны палеозоид [3], где отложения олдындинской свиты играют важную роль.

Первые археоциаты были обнаружены А. Ф. Колесовым в бассейне р. Левая Олдында, что способствовало установлению здесь кембрийских отложений и выделению их в олдындинскую свиту. С. Н. Коровиным при съёмочных работах в районе Еравнинских озер нижнекембрийская фауна была обнаружена по р. Ульдзуйтуй [4], что позволило расширить площадь распространения достоверно кембрийских отложений.

Позднее И. Т. Журавлева [5], проанализировав археоциатовые формы, пришла к выводу о развитии в олдындинской свите выделявшихся в то время комплексов Алтае-Саянской складча-



той области (АССО): обедненного базаихского, нижнего базаихского, верхнего базаихского и санаштыкгольского.

М. М. Языр и Б. А. Далматов в 1960–1962 гг. выделили по комплексам археоциат три, а позднее четыре палеонтологических горизонта: нижнеульдзуйтуйский, верхнеульдзуйтуйский, сухореченский и хулудинский (рис. 1), которые коррелировались с базаихским, камешковским и санаштыкгольскими горизонтами АССО (цит. по: [6]). Для вышеупомянутых четырех горизонтов Саяно-Байкальской горной области характерны различающиеся комплексы археоциат, что выражается в разной морфологии, отображающей эволюционное развитие этой руководящей группы – от простых одностенных и двустенных форм до кубков с каналами, тумулами и чешуями наружной и внутренней стенок.

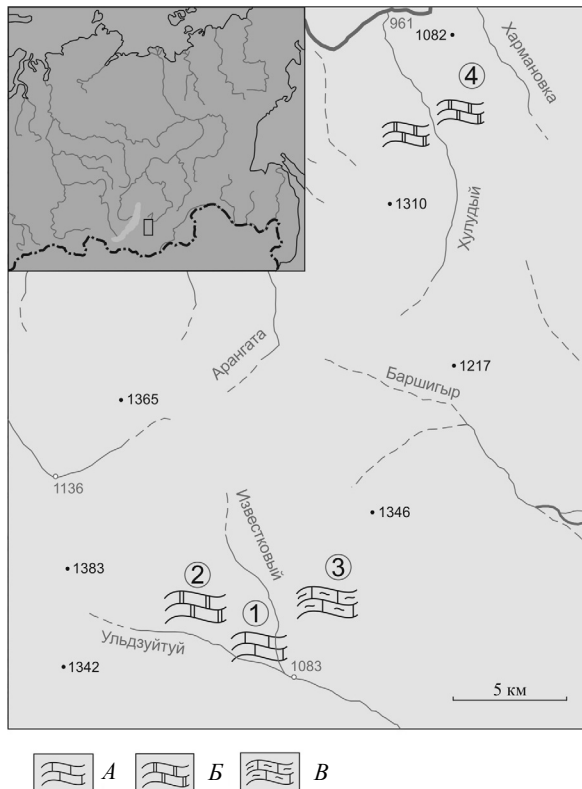


Рис. 1. Расположение стратотипов горизонтов с нижнекембрийской фауной. Цифрами обозначены горизонты: 1 – нижнеульдзуйтуйский; 2 – верхнеульдзуйтуйский; 3 – сухореченский; 4 – хулудинский; А – белые биогермные известняки; Б – розовато-белые биогермные известняки; В – серые биостромные известняки

В результате изучения палеонтологических коллекций Б. А. Далматова (сборы 1965 г.), Л. И. Ветлужских (сборы 2004, 2005 и 2011 гг.) и сборов М. С. Скрипникова (2015 г. и 2017 г.), проведенных в отложениях по рекам Правый и Левый (Известковый) Ульдзуйтуй, Сухая Речка, Хулудый (Холодный), в палеонтологических шлифах, по-

мимо массовых скоплений археоциат, водорослей *Renalcis*, *Epiphyton*, *Razumovskia*, редких остатков трубчатой проблематики и трилобитов, были обнаружены крибрициаты (фототаблица), которые в большинстве случаев сопутствуют остаткам кубков археоциат.

История изучения крибрициат

Крибрициаты как ископаемые, появившиеся в кембрии наряду с археоциатами, длительное время являлись предметом споров палеонтологов. Впервые описанные А. Г. Вологдиным в 1932 г., изначально принятые как личиночная форма существования археоциат [7], ввиду совместного нахождения в нижнекембрийских известняках с археоциатами крибрициаты обладали малыми размерами кубков. Впоследствии А. Г. Вологдин признал крибрициат археоциатами с поперечно-пластинчатой наружной стенкой и обычным строением внутренней или обеих стенок, образованных периптератами [8], отдельным классом *Cribricyathia* в составе типа *Archaeocyatha*, учитывая общие черты морфологии с известными видами археоциат и определяя интервал существования организмов как нижний – средний кембрий.

Так, в 1962 г. А. С. Бояринов впервые высказал предположение, что формы, трактуемые А. Г. Вологдиным как личинки, могли быть самостоятельными организмами [9].

Параллельно К. В. Радугин обнаружил крибрициат в отложениях унгутской свиты нижнего кембрия (среднее течение р. Маны). Относя свиту к позднему протерозою, он тем самым признал в ископаемых остатках примитивных археоциат докембрия, докембрийских скелетных организмов. У «личинок» отсутствовала пористость, что говорило исследователю об их «примитивности». Помимо этого, были допущены ошибки касательно схожести морфологии крибрициат и археоциат, о чем было позже сказано Т. В. Янкаускасом [10, 11]. Тем не менее Радугиным был установлен новый отряд, названный позднее птероциатидами (*Pterocyathida* Jankauskas, 1965).

По мере накопления палеонтологического материала из осадочных толщ Восточного Саяна Т. В. Янкаускасом были установлена принадлежность примитивных археоциат к классу крибрициат, описаны новые формы, сокращено число формальных родов, переработана систематика, предложенная А. Г. Вологдиным, рассмотрена модель эволюционного развития, что отображено в ряде работ [10–12].

В конечном итоге Т. В. Янкаускас счел нужным выделить крибрициат в отдельный тип многоклеточных, в то время как И. Т. Журавлева с соавт. [13] и Г. В. Беляева [14] утверждали, что крибрициаты – не что иное как пелагическая форма существования археоциат, аналогичные спорофитам и гаметофитам у высших растений. В пользу этого говорило отсутствие различий



микрогранулярной структуры крибрициат и археоциат рода *Capsulocyathus* [14], хотя размер гранул у первых меньше, чем у археоциат [15], а также приводились данные по изучению таких форм археоциат, как *Acanthopyrgus* Handfield [13]. Этот род характерен тем, что последовательно, на каждой стадии развития двустенного кубка, вокруг устья центральной полости образуется «воротничок» с полыми шипами. Внешне шипы воротничка у *Acanthopyrgus* ничем не схожи с каким-либо конкретным представителем крибрициат. Однако именно присутствие воротничка, который представляет собой только форму проявления диморфизма у двустенных археоциат, показало, что крибрициаты, по крайней мере, некоторые из них, могли проявиться не как самостоятельные организмы, независимые от археоциат, или как особый класс в их составе, а как одна из форм их существования в процессе диморфизма. На данный момент подтверждения последовательного совместного появления любой пары археоциатовых – крибрициатовых таксонов отсутствуют. Кроме того, крибрициаты более ограничены в пространстве и времени, чем археоциаты [16].

По мнению А. Ю. Розанова [9], позиция о значительной самостоятельности крибрициат представляется более реальной, поскольку соображения в пользу их тесной связи с конкретными археоциатами не соответствуют фактическому материалу.

Последняя на данный момент публикация [17] касается систематики крибрициат, предложенной Т. В. Янкаускасом с небольшими изменениями, включает 2 отряда, 3 надсемейства, 6 семейств, 14 родов.

По данным исследователей, первые крибрициаты известны из среднего томмота Восточного Саяна [17]. В атдабанское – ботомское время они были широко распространены в отложениях всего Урало-Монгольского складчатого пояса (Урал, Алтайский Саян, Тыва, Монголия, Забайкалье и в меньшей степени Приморье) [12, 17, 18]. За пределами данного региона находки организмов крайне малы, в том числе находки одного вида из атдабанских отложений Сибирской платформы [18]. Это показывает, что крибрициаты существовали расселялись в кембрии на периферии Сибирского кратона. Крибрициатам был свойственен прикрепленный образ жизни. Своими малыми размерами они были близки к криптобионтам [16] и, возможно, некоторые были эктопаразитами на археоциатах [17].

Морфология крибрициат

Крибрициаты – вымершая группа кембрийских организмов (до 2 см в длину и 1–2 мм в поперечном сечении), обладающих, как и археоциаты, карбонатным скелетом. Т. В. Янкаускас высказал предположение [10, 11], что начальной стадией онтогенетического развития организмов являлся

непористый кубок диаметром 0,03–0,04 мм. Внутренняя же стенка появилась на более поздних этапах развития.

Кубки крибрициат (рис. 2) отмечаются малыми размерами, по сравнению с археоциатами, и различия в зависимости от семейства. Наименьшими размерами отличаются представители семейства *Vologdinophyllidae* длиной около 1–1,5 мм, наиболее крупными – кубки семейства *Striatocyathidae* длиной до 25 мм. Внешняя форма кубков зависит больше от влияния внешних абиотических факторов, чем от видовых особенностей организма. Наиболее распространенными являются рогообразные и неправильно извилистые формы, реже встречаются прямые и скрученные по продольной оси. Поперечные сечения кубков овальные, круглые, караваеобразные, сердцевидные, каплевидные и т. д. Все крибрициаты характеризуются резко проявленной двусторонней симметрией.

Внешняя стенка состоит из лентообразных элементов – периптератов – толщиной около 0,1 мм, спирально намотанных вдоль оси чашки. Наружные поверхности периптерат могут быть покрыты продольными стержнеобразными элементами – бакулями, расположенными вдоль оси кубков и соединяющими внутренние края лежащих вдоль оси кубка один над другими периптерат.

Внутренняя стенка, кроме асимметричного размещения во внутреннем пространстве, характеризуется нормальной пористостью либо ленточной формой, состоящей из параллельных штрихов – стрий, ориентированных поперек оси тела археоциата.



Рис. 2. Реконструкция двустенного кубка крибрициат *Dolichocyathus* Vologdin [17]



Систематика крибрициат

Основа для разработки систематики была заложена А. Г. Вологдиным [7, 8] и К. В. Радугиным (цит. по: [10]), которая позже была подвергнута пересмотру Т. В. Янкаускасом. Им был описан обширный отряд *Pterocyathida*, а затем представлен морфологический ключ ко всем родам крибрициат, который показал, что крибрициаты не могут быть отнесены к существовавшему в то время типу археоциат [10, 11]. А. Ю. Журавлев (Zhuravlev) и П. Круз (Kruse) [17], используя за основу систематику Т. В. Янкаускаса, значительно сократили число формальных родов, объединив синонимичные из них и проведя некоторые номенклатурные исправления.

В основу выделения таксономических категорий разного ранга положены следующие признаки:

отряд – наличие или отсутствие бакулей;

надсемейство – присутствие или отсутствие внутренней стенки у кубка;

семейство – закрытые (рис. 3) или открытые периптераты;

род – поперечное сечение (округлое, эллиптическое, сердцевидное, квадратное), слабо или ярко выраженные периптераты у кубка (при хорошем развитии периптерат нужно учитывать, открыты они вовнутрь или наружу), строение внутренней стенки (монолитная или стриевая). Если внутренняя стенка имеет стриевое строение, то учитывается форма стрий – плоские они или изогнутые.



Рис. 3. Двустенная форма *Erphyllum bephylleforme* с периптератами закрытого типа. Нижний кембрий, олдындинская свита, нижнеульдзуйтуйский горизонт. Шлиф 0402-3, x100

Класс CRIBRICYATHA Vologdin, 1961

Отряд VOLOGDINOPHYLLIDA Radugin, 1964

Надсемейство АКАДЕМИОФYLLOIDEA Radugin, 1964

Семейство АКАДЕМИОФYLLLIDAE Radugin, 1964

Род *Erphyllum* Radugin, 1966

Erphyllum bephylleforme Radugin, 1964

Табл., рис. 1

Erphyllum bephylleforme: Янкаускас, 1969, с. 148, табл. XLVI, фиг. 13–23.

Голотип. ТПИ, шл. 61р8-46-1; нижний кембрий, томмотский–атдабанский ярусы, Восточный Саян, р. Мана; ахорская свита, верхняя пачка.

Описание. Кубок двустенный, роговидно-изогнутый, шириной 0,5 мм. Наружная стенка камерная, внутренняя монолитная. Верхние края наружной стенки заострены и слабо выпирают в виде обычных концентрических асимметричных наружных ребрышек. Толщина скелетных элементов 0,03 мм.

Сравнение. Единственный вид в своем роде.

Распространение. Нижний кембрий, атдабанский ярус; Восточный Саян, Западное Забайкалье; ботомский ярус, Западная Монголия.

Материал. Западное Забайкалье, нижний кембрий, атдабанский ярус, олдындинская свита, нижнеульдзуйтуйский горизонт, описан 1 экз. хорошей сохранности.

Род *Akademiophyllum* Radugin, 1964

Akademiophyllum cornuforme Radugin, 1964

Табл. 1, рис. 2, 3

Akademiophyllum cornuforme: Радугин, 1966, с. 106, табл. III, фиг. 5–6; табл. V, фиг. 1–2.

Akademiophyllum cornuforme: Янкаускас, 1969, с. 147, табл. XLVI, фиг. 1–12; рис. 9д; рис. 10, фиг. 13, фиг. 22.

Akademiophyllum cornuforme: Саютина, 1985, с. 41, табл. XX, фиг. 1.

Голотип. ТПИ, шлиф 61р846-1; Восточный Саян, р. Еловка, нижний кембрий, ахорская свита.

Описание. Скелет удлинённый, роговидно-изогнутый. Длина 6 мм, ширина 0,35 мм. Двустенный, наружная стенка сложена близкорасположенными по отношению друг к другу периптератами, расстояние между ними 0,02–0,025 мм. Толщина периптерат 0,015 мм. Центральная полость достаточно широкая по отношению к кубку, внутренняя стенка стриевая, пористая. Поперечное сечение округлое, овальное.

Изменчивость. От прочих экземпляров данная форма отличается большей длиной кубка, что принимается как местная особенность организма.

Сравнение. Единственный вид в своем роде.

Распространение. Нижний кембрий, атдабанский ярус; Восточный Саян, Западное Забайкалье; ботомский ярус, Западная Монголия.

Материал. Западное Забайкалье, нижний кембрий, атдабанский–ботомский ярусы, олдындинская свита, верхнеульдзуйтуйский–хулудинский горизонты; описано около 50 экземпляров разных сечений и сохранности.



Надсемейство CONOIDOCYATHOIDEA
Vologdin, 1964

Семейство CONOIDOCYATHIDAE Vologdin,
1964

Род *Conoidocyathus* Vologdin, 1964

Conoidocyathus elongatus Vologdin, 1966

Табл. 1, рис. 4

Pubericocyathus elongatus: Вологдин, 1966, с.
22, табл. II, фиг. 5.

Голотип. ПИН, 1922-5, район г. Красноярска,
р. Базаиха, обн. 11, нижний кембрий.

Описание. Достаточно крупный кубок, вы-
сота которого составляет 3,8 мм. Скелет асим-
метричный, V-образной формы, одностенный.
Стенка толщиной 0,05 мм пронизана сдвоенными
периптератами, крючкообразными, изгибом смо-
трящими вверх. В нижней части ширина кубка со-
ставляет 0,7 мм, в верхней – 4,5 мм. Стенка кубка
и периптераты одинаковой мощности – 0,05 мм.

Сравнение. От прочих представителей рода
Conoidocyathus отличает наличие «крючкообраз-
ных» периптерат.

Распространение. Восточный Саян; Запад-
ное Забайкалье.

Материал. Западное Забайкалье, нижний
кембрий, ботомский ярус, олдындинская свита,
сухореченский горизонт; изучен 1 экз. хорошей
сохранности.

Надсемейство PYXIDOCYATHOIDEA
Vologdin, 1964

Семейство PYXIDOCYATHIDAE Vologdin,
1964

Род *Szeczyathus* Vologdin, 1957

Szeczyathus longus Vologdin, 1966

Табл. 1, рис. 5, 6

Cribricyathus longus: Вологдин, 1966, табл. I,
фиг. 4.

Голотип. ПИН, 1933-29; Западный Саян,
р. Кызас, правый приток р. Абакан, средний кем-
брий, верхнемонокская свита.

Описание. Кубки одностенные, узкокониче-
ские, удлинённые, более или менее ясного субква-
дратного сечения длиной до 1,5 мм, диаметром до
0,5 мм или округлые, мешковидного типа, схожи с
археоциатовыми формами *Capsulocyathus*. Стен-
ка имеет выраженное периптератное строение.
Периптераты простые, V-образно изогнутые, их
толщина составляет около 0,025 мм, расположены
на расстоянии 0,05 мм друг от друга.

Изменчивость. Автором предполагается,
что округлые формы тоже относятся к виду
Szeczyathus longus ввиду идентичности строения
скелетных элементов.

Распространение. Западный Саян; Западное
Забайкалье.

Материал. Западное Забайкалье, нижний
кембрий, атдабанский – ботомский ярусы, ол-
дындинская свита, верхнеульдзуйтуйский – ху-
лудинский горизонты; изучены 4 экз. хорошей
сохранности.

Szeczyathus canaliculatus Vologdin, 1966

Табл. 1, рис. 7

Radicicyathus canalicatus: Вологдин, 1966,
табл. I, фиг. 6.

Голотип. ПИН, 1924-43; Хакассия, южный
склон Батеневского кряжа, урочище Сухие Со-
лонцы, нижний кембрий, солонцовская свита.

Описание. Кубок узкий в нижней части
– 0,025 мм, расширяется кверху до 1,3 мм.
Верхняя часть кубка открытая, несимметрич-
ная, с небольшими вмятинами и пережимками.
Простая периптератная стенка отмечается на
широкой части кубка. Периптераты направ-
лены вверх, слегка изгибаясь на конце вниз,
длиной 0,1–0,2 мм. Расстояние между ними
0,05–0,07 мм. Внутренняя стенка просматрива-
ется слабо, что создает впечатление, что кубок
одностенный. Центральная полость угловатая,
асимметричная.

Сравнение. От других представителей
Szeczyathus отличается удлинённой формой кубка,
расширяющегося кверху в виде воронки.

Распространение. Западный Саян; Западное
Забайкалье.

Материал. Западное Забайкалье, нижний
кембрий, ботомский ярус, олдындинская свита,
сухореченский горизонт; 1 экз. удовлетвори-
тельной сохранности.

Szeczyathus clathratus Vologdin, 1966

Табл. 1, рис. 8

Lomaticyathus clathratus: Вологдин, 1966,
табл. I, фиг. 7, табл. II, фиг. 4, 10, табл. III, фиг. 1.

Голотип. ПИН, 1924-24; Хакассия, южный
склон Батеневского кряжа, урочище Сухие Со-
лонцы, нижний кембрий, солонцовская свита.

Описание. Овальной, округлой, неправиль-
ной V-образной формы. Наружная стенка густо
усеяна периптератами простого строения, слегка
изогнутыми. Расстояние между ними 0,025 мм,
в длину достигают 0,25–0,35 мм. Бакули про-
сматриваются слабо, поры субквадратной фор-
мы. Длина варьирует от 0,25 до 0,5 мм, ширина
0,25 мм. Внутренняя стенка пористая, с очень
мелкими порами.

Сравнение. Отличается от других предстawi-
телей рода наружной стенкой, образованной при
взаимодействии периптерат и бакулей, угловатой
формой.

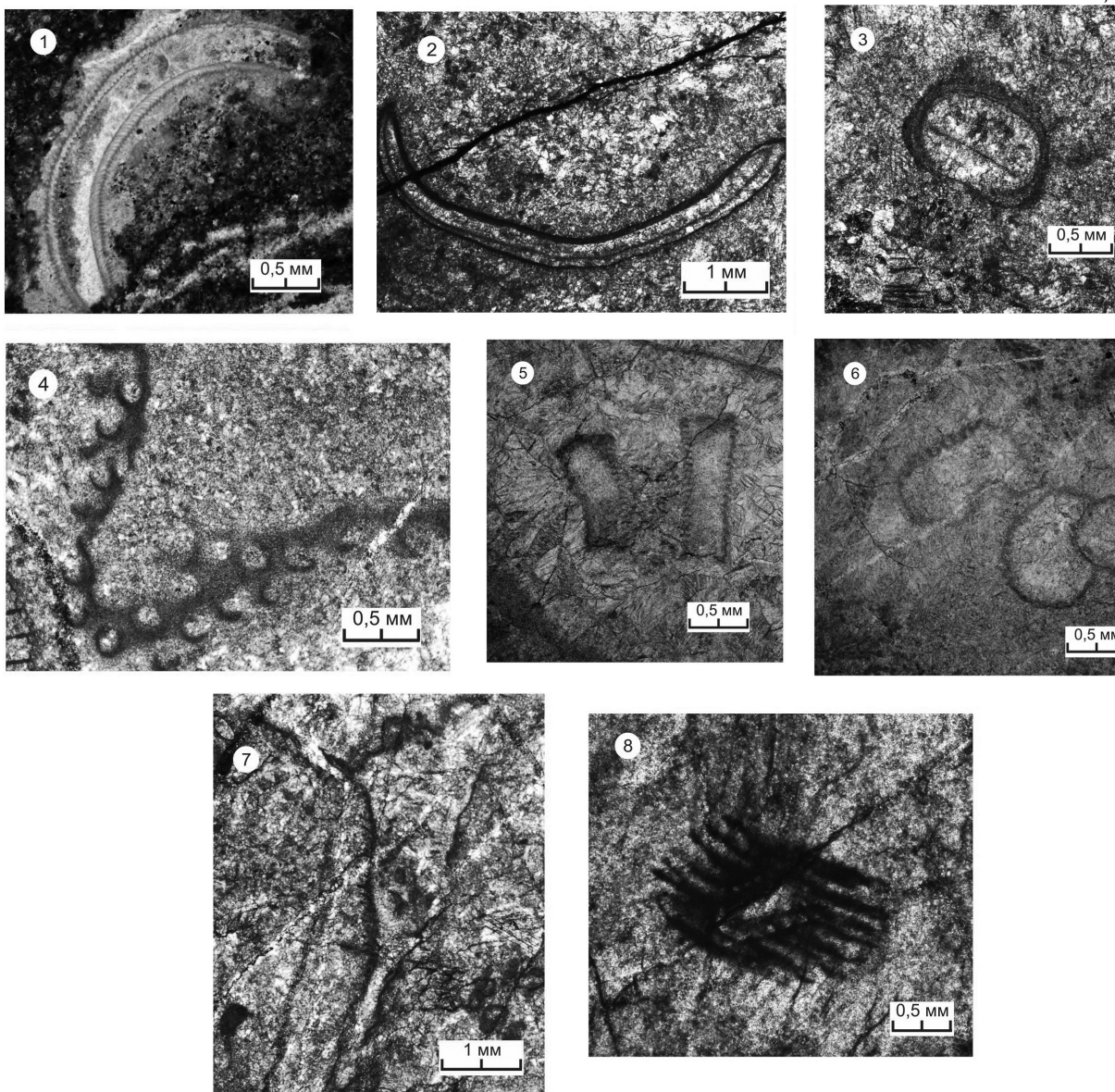
Распространение. Западный Саян; Западное
Забайкалье.

Материал. Западное Забайкалье, нижний
кембрий, атдабанский ярус, олдындинская свита,
верхнеульдзуйтуйский горизонт; описаны 3 экз.
хорошей сохранности.

*Работа выполнена в лаборатории геодин-
амики Федерального государственного бюд-
жетного учреждения науки «Геологический
институт Сибирского отделения Российской
академии наук».*



Фототаблица



1 – *Erphyllum bephylliforme* Rad: Западное Забайкалье, нижний кембрий, атдабанский ярус, олдындинская свита, нижнеульдзуйтуйский горизонт, продольное сечение, х50, шлиф 0402-3; 2–3 – *Akademiophyllum cornuforme* Rad: 2 – Западное Забайкалье, нижний кембрий, ботомский ярус, олдындинская свита, сухореченский горизонт; скошенно-продольное сечение, х50, шлиф 1704-17; 3 – Западное Забайкалье, нижний кембрий, ботомский ярус, олдындинская свита, сухореченский горизонт; поперечное сечение, х100, шлиф 0434; 4 – *Conoidocyathus elongatus* Vol. Западное Забайкалье, нижний кембрий, ботомский ярус, олдындинская свита, сухореченский горизонт, х50, шлиф 0434; 5–6 – *Szcecyathus longus* Vol.: 5 – Западное Забайкалье, нижний кембрий, атдабанский ярус, олдындинская свита, верхнеульдзуйтуйский горизонт, х50, шлиф 01150; 6 – Западное Забайкалье, нижний кембрий, ботомский ярус, олдындинская свита, хулудинский горизонт, х50, шлиф 0406; 7 – *Szcecyathus canaliculatus* Vol. Западное Забайкалье, нижний кембрий, ботомский ярус, олдындинская свита, сухореченский горизонт, х50, 1709-25; 8 – *Szcecyathus clathratus* Vol. Западное Забайкалье, нижний кембрий, атдабанский ярус, олдындинская свита, верхнеульдзуйтуйский горизонт, х50, шлиф 01150



Исследования поддерживались грантами РФФИ АААА-А19-119013090003-1 «Роль плейт- и плюмтектонических факторов в формировании Джидинской зоны каледонид Центрально-Азиатского складчатого пояса (Юго-Западное Забайкалье, Северная Монголия)» (№ 19-05-00312) и АААА-А19-119012990170-4 «Корреляция и оценка возраста осадочных пород “известняково-доломитовой геосинклинали” Байкальской горной области (Sr-изотопная хемостратиграфия и Pb-Pb датирование)» (№ 19-05-00986).

Библиографический список

1. Язмир М. М., Далматов Б. А., Язмир И. К. Атлас фауны и флоры палеозоя и мезозоя Бурятской АССР. Палеозой. М. : Недра, 1975. 184 с.
2. Язмир М. М. О распределении ископаемых форм в разрезах олдындинской свиты западной части Еравнинской зоны // Материалы по геологии и полезным ископаемым Бурятской АССР. Улан-Удэ, 1972. Вып. XV. С. 57–65.
3. Гордиенко И. В., Булгатов А. Н., Руженцев С. В., Минаева О. Р., Климух В. С., Ветлужских Л. И., Некрасов Г. Е., Ласточкин Н. И., Ситникова В. С., Метелкин Д. В., Гонегер Т. А., Лепехина Е. Н. История развития Удино-Витимской островодужной системы Забайкальского сектора Палеоазиатского океана в позднем рифее – палеозое // Геология и геофизика. 2010. Т. 51, № 5. С. 589–614.
4. Беличенко В. Г. Нижний палеозой Западного Забайкалья. М. : Наука, 1969. 207 с.
5. Журавлева И. Т. Археоциаты Сибири : Одностенные археоциаты. М. : Издательство АН СССР, 1963. 141 с.
6. Постников А. А., Журавлева И. Т., Терлеев А. А. Стратиграфия кембрийских отложений Озернинского рудного узла (Западное Забайкалье) // Геология и геофизика. 1997. Т. 38, № 3. С. 608–619.
7. Вологдин А. Г. Крибрициаты – новый класс археоциат // Доклады АН СССР. 1964. Т. 157, № 6. С. 1391–1394.
8. Вологдин А. Г. Крибрициаты кембрия СССР // Труды / Палеонтологический институт. 1966. Т. 109. 65 с.
9. Справочник по систематике ископаемых организмов (таксоны отрядной и высших групп) / под ред. Л. П. Тартинова, В. Н. Шиманского. М. : Наука, 1984. 224 с.
10. Янкаускас Т. В. Птероциатиды – новый класс крибрициат // Доклады АН СССР. 1965. Т. 162, № 2. С. 438–440.
11. Янкаускас Т. В. Птероциатиды нижнего кембрия Красноярского края (Восточный Саян) // Биостратиграфия и палеонтология нижнего кембрия Сибири и Дальнего Востока. М. : Наука, 1969. С. 114–157.
12. Саютина Т. А. Крибрициаты нижнего кембрия Монголии // Проблематики позднего докембрия и палеозоя. М. : Наука, 1985. С. 38–44.
13. Журавлева И. Т., Окунева О. Г. О природе крибрициат // Проблематики фанерозоя. М. : Наука, 1981. С. 23–30.
14. Беляева Г. В. Еще о крибрициатах // Проблематики позднего докембрия и палеозоя. М. : Наука, 1985. С. 33–38.
15. Kruse P., Debrenne F. Review of archaeocyath microstructure // Memoir Association of Australasian Palaeontologists. 1989. № 8. P. 133–141.
16. Zhuravlev A., Wood R. Lower Cambrian reefal cryptic communities // Palaeontology. 1995. № 18. P. 443–470.
17. Zhuravlev A., Kruse P. Cribricyaths and Microfossils of Uncertain Affinity Resembling Cribricyaths // Treatise online. 2012. № 55. Part E. Vol. 4. Chapter 20B. 11 p.
18. Сундуков В. М., Журавлев А. Ю. Первая находка крибрициат в нижнем кембрии Сибирской платформы // Палеонтологический журнал. 1989. № 3. С. 101–102.

Образец для цитирования:

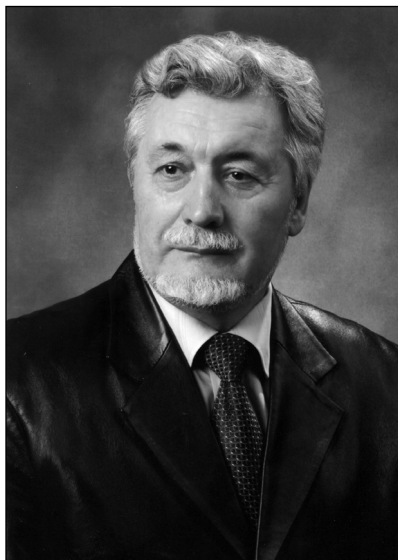
Скрипников М. С., Ветлужских Л. И. Крибрициаты нижнекембрийской олдындинской свиты (Западное Забайкалье) // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2020. Т. 20, вып. 4. С. 278–284. DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2020-20-4-278-284>

Cite this article as:

Skrupnikov M. S., Vetlujskih L. I. Cribricyaths of the Lower Cambrian Oldynda suite (Western Transbaikalia). *Izv. Saratov Univ. (N. S.), Ser. Earth Sciences*, 2020, vol. 20, iss. 4, pp. 278–284 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2020-20-4-278-284>



PERSONALIA



Исследователь биogeосистем от палеозоя до современности: памяти палеонтолога и геозколога профессора М. Г. Миниха (1942–2019)

А. В. Иванов, Е. М. Первушов, И. В. Новиков, Е. В. Попов

Иванов Алексей Викторович, кандидат геолого-минералогических наук, доцент, Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе, Москва, yashkovia@mail.ru

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

Новиков Игорь Витальевич, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник, Палеонтологический институт имени А. А. Борисяка РАН, Москва; ведущий научный сотрудник, Казанский (Приволжский) федеральный университет, inovik@paleo.ru

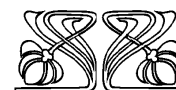
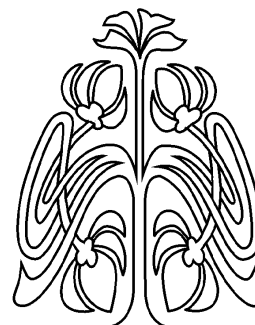
Попов Евгений Валериевич, кандидат геолого-минералогических наук, доцент, Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского; старший научный сотрудник, Казанский (Приволжский) федеральный университет, elasmodus74@gmail.com

Представлена краткая биография Максима Георгиевича Миниха, советского и российского специалиста по ископаемым рыбам, стратиграфии перми и триаса востока Русской плиты и Предуральяского прогиба. Яркий представитель среднего поколения саратовской школы «тетраподчиков», руководитель отделения биостратиграфии и палеонтологии Научно-исследовательского института геологии Саратовского университета, впоследствии – его директор, почетный член Всероссийского палеонтологического общества. Приведена библиография основных публикаций профессора М. Г. Миниха, включающая 107 наименований.

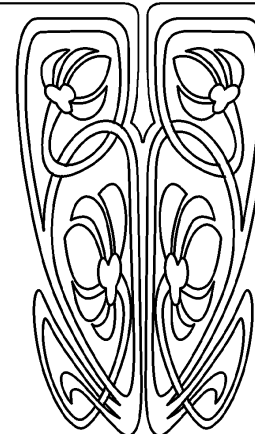
Ключевые слова: Миних Максим Георгиевич, биография, библиография, стратиграфия, палеонтология, ихтиофауна, пермь, триас, Русская плита, Приуралье.

Поступила в редакцию: 25.03.2020 / Принята: 21.09.2020 / Опубликовано: 30.11.2020

Статья опубликована на условиях лицензии Creative Commons Attribution License (CC-BY 4.0)



ПРИЛОЖЕНИЯ





Eminent Phanerozoic Biosystematist: in Memory of Paleontologist and Geocologist Professor Maxim G. Minikh (1942–2019)

A. V. Ivanov, E. M. Pervushov, I. V. Novikov, E. V. Popov

Alexei V. Ivanov, <http://orcid.org/0000-0003-2788-0215>, Sergo Ordzhonikidze Russian State University for Geological Prospecting, 23 Miklouho-Maclay St., Moscow 117997, Russia, yashkovia@mail.ru

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

Igor V. Novikov, <https://orcid.org/0000-0002-7400-5790>, Borisiak Paleontological Institute of the Russian Academy of Sciences, 123 Profsovnaya St., Moscow 117647, Russia; Kazan Federal University, 4/5 Kremlevskaya St., Kazan 420008, Russia, inovik@paleo.ru;

Evgeny V. Popov, <http://orcid.org/0000-0003-2229-0179>, Saratov State University, 83 Astrakhanskaya St., Saratov 410012, Russia; Kazan Federal University, 4/5 Kremlevskaya St., Kazan 420008, Russia, elasmodus74@gmail.com

This paper presents a brief biography of the Professor Maxim G. Minich, a Soviet and Russian specialist in fossil fish and stratigraphy of the Permian and Triassic of the Russian Plate and the Cis-Uralian peripheral depression. He was a brilliant representative of the middle generation of the Saratov school of vertebrate researchers, the head of the Department of Biostratigraphy and Paleontology at the Scientific Research Geological Institute of Saratov State University and latterly its Director. He was an honorary member of the All-Russian Paleontological Society. A bibliography of Professor Minikh's principal publications is given comprising 107 titles.

Keywords: Minikh Maxim Georgievich, biography, bibliography, stratigraphy, paleontology, ichthyofauna, permian, triassic, Russian Plate, Cis-Urals.

Received: 25.03.2020 / Accepted: 21.09.2020 / Published: 30.11.2020

This is an open access article distributed under the terms of Creative Commons Attribution License (CC-BY 4.0)

DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2020-20-4-285-295>

Род Минихов пережил все перипетии XX века. Дед Максима Георгиевича, дворянин Николай Сергеевич Миних (Münlich), был офицером царской армии (в чине майора или подполковника кавалерии), после революции – «военспецом» Красной Армии, занимался ветеринарией, выйдя в отставку, преподавал в одном из вузов Ленинграда. Семья деда жила в Петербурге в собственном доме недалеко от Исаакиевского собора на улице Гороховой, а после революции и «уплотнения» – в двух комнатах на втором этаже, где в 1913 году родился отец Максима Георгиевича – Георгий Николаевич Миних. Мальчик до 9 лет воспитывался гувернёрами и хорошо владел немецким и французским языками. С получением высшего образования возникла проблема, так как детей «бывших» (т. е. дворян) в институты не принимали. Поэтому в 1931–1933 годах Г. Н. Миних устро-

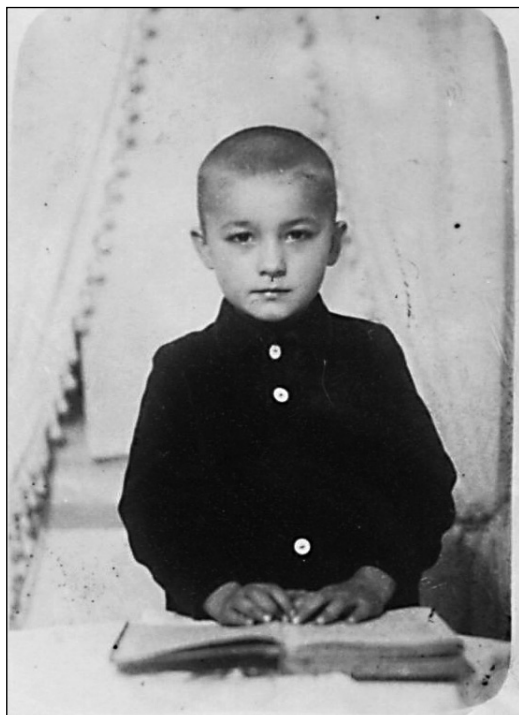
ился рабочим в топографическую экспедицию на Кольский полуостров. Проявив трудолюбие и способности к математике, он получил хорошую производственную характеристику, с которой в 1934 году пришел в Горный институт имени Плеханова и экстерном закончил его с дипломом геолога-маркшейдера.

Будучи студентом Г. Н. Миних обручился с уроженкой Польши, которая родила ему в 1936 году дочь Ирэну. В 1937 году его жена решила уехать на родину. В дальнейшем следы ее и дочери Георгия Николаевича затерялись: Великая Отечественная война, блокада Ленинграда, голод и последующая эвакуация детей вглубь Советского Союза обусловили большую путаницу с документами. Свою дочь Ирэну отец нашел лишь в 1951 году после многолетних поисков и по счастливой случайности в одном из детских домов Ленинграда. Ирэна Георгиевна Миних прожила в Санкт-Петербурге под другой фамилией и скончалась в 2019 году.

В 1939 году Георгий Николаевич получил назначение на работу в Магаданскую область горным топографом (маркшейдером) в систему ГУЛАГ вольнонаёмным специалистом. По пути на Колыму в поезде Москва-Владивосток он повстречался с Надеждой Матвеевной Миних (урожденной Николаевой, 1914 г.р., г. Москва) – они оба получили предписание в поселок Средникан Магаданской области. В 1941 году Г. Н. Миниха направили служить в Иран, а Надежда Матвеевна ждала его в Тбилиси (в этом городе до своей кончины в 1956 году жил дед Николай Сергеевич Миних со второй женой и двумя младшими сыновьями). Именно здесь 13 июня 1942 года у Надежды Матвеевны появился сын Максим, будущий профессор М. Г. Миних.

В конце войны семья воссоединилась на Донбассе, где отец стал работать горным инженером на угольной шахте. Спустя год Г. Н. Миниха командировали в г. Тикси начальником рудника, куда он поехал вместе с женой и малолетним сыном Максимом. В 1957 году семья опять переехала, теперь уже в г. Саратов. Дальнейшая судьба Минихов во многом связана с этим городом. Несмотря на подорванное здоровье, Г. Н. Миних продолжал до 1964 года работать в разных проектных организациях в качестве инженера-геодезиста. В ноябре 1964 года он с женой вернулся в Ленинград, где у него оставалась квартира на ул. Гороховой. Но эта квартира была занята переселенцами и им дали комнату в коммуналке на ул. Плеханова (ныне Казанская). Георгий Николаевич скончался в Ленинграде 25 ноября 1967 года в возрасте 54 лет и был похоронен на Северном кладбище (Парголово). Надежда Матвеевна в 2003 году из-за ухудшения здоровья вернулась в Саратов, где закончила земной путь в 2005 году.

Мозаичную картину судьбоносных трансформаций и пересечений дополняет еще один любопытный факт: Г. Н. Миних, работая топо-



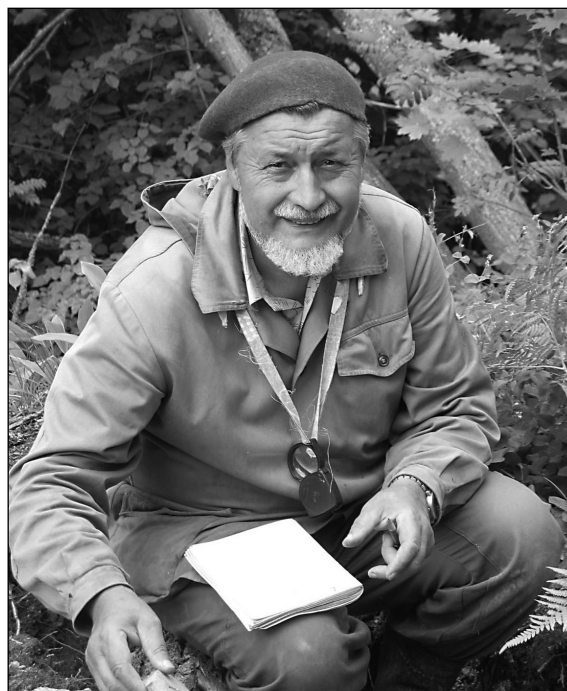
Максим Миних (г. Тикси, 1947 г.)

графом в Саратове, познакомился и много контактировал с Георгием Федоровичем Очевым – отцом будущего профессора Саратовского университета В. Г. Очева, научного руководителя М. Г. Миниха. Георгий Федорович также был «из бывших», воевал в Белой гвардии, был оригинальной и разносторонней личностью [1]. Неудивительно, что эти два многогранных человека пересеклись как в профессиональном, так и личностном плане. Их общение послужило основной многолетнего продуктивного взаимодействия Очевых и Минихов.

Максим Миних, окончив в 1959 году саратовскую среднюю школу № 6, в связи с тяжелым материальным положением семьи сразу же устроился на завод электротермического оборудования учеником токаря, а затем стал токарем третьего разряда. Одновременно он поступил на вечернее отделение геологического факультета Саратовского государственного университета имени Н. Г. Чернышевского (СГУ). В 1960 году перешел на работу в ГипроНИИгаз в качестве фотолаборанта, а с осени 1961 года стал студентом дневного отделения геологического факультета СГУ, попав в сформированную профессором В. Г. Камышовой-Елпатьевской группу молодых палеонтологов. С этого момента над студентом М. Г. Минихом взял шефство будущий профессор В. Г. Очев, приняв его лаборантом в созданную им в НИИ геологии при СГУ лабораторию палеонтологии позвоночных. В студенческие годы Максим активно участвовал в тематических исследованиях и раскопках крупных местонахождений тетрапод из «красноцветов» на территории Южного Приуралья и за это время сформировал

основные научные направления своих исследований [2, 3]. За время полевых работ он собрал исходный палеонтологический материал. В стенах лаборатории под научным руководством Виталия Георгиевича М. Г. Миних выполнил свою первую научную работу и защитил дипломный проект по двоякодышащим рыбам триаса Оренбургского Приуралья [4].

После окончания университета в 1965 году М. Г. Миних остался в НИИ геологии при СГУ. С тех пор его основные научные интересы связаны с исследованием ископаемой ихтиофауны и с разрешением вопросов стратиграфии перми и триаса. В 1974 году он защитил кандидатскую диссертацию на тему «Триасовые двоякодышащие рыбы востока Европейской части СССР и их стратиграфическое значение». С 1990 по 1994 год М. Г. Миних был заведующим отделом биостратиграфии и палеонтологии НИИ геологии при СГУ, обязанности которого выполнял до 2004 года. Начиная с 1969 года в течение 18 лет М. Г. Миних возглавлял Северную тематическую экспедицию НИИ геологии при СГУ. С 1967 по 2009 год он руководил геологическими партиями, изучавшими пермские и триасовые отложения европейской части России на пространстве от Баренцева моря до Каспийского. В 1967, 1971 и 1987 годах он изучал триасовые отложения Ферганской впадины. М. Г. Миних принимал участие в оценке влияния на природную среду проекта переброски северных рек в Волгу (1986 г.). Вместе с коллегами им были научно спрогнозированы негативные последствия осуществления такого проекта для экологии Европейского Севера [5].



М. Г. Миних во время раскопок ихтиофауны на местонахождении «Монастырский овраг» (2009 г.)



В 1998 году М. Г. Миних защитил докторскую диссертацию на тему «Позднепермская и триасовая ихтиофауна Европейской России (систематика, этапы развития, стратиграфическое значение)». В 2004 году он назначен директором НИИ геологии при СГУ, который в 2005 году был преобразован в Отделение геологии НИИ естественных наук СГУ.

Основные научные интересы М. Г. Миниха лежали в области палеоихтиологии – морфологии, систематики, палеоэкологии и сукцессии пермских и триасовых двоякодышащих и лучеперых рыб. Его ключевым обобщающим трудом по пермской ихтиофауне стала изданная десятилетие назад капитальная монография [6]. Он активно работал в области общей и региональной стратиграфии и палеогеографии. Супруги Алла Васильевна и Максим Георгиевич Миних – представители второго поколения саратовских исследователей пестро- и красноцветных отложений, «... центра изучения перми и триаса» [7, с. 171]. М. Г. Миних – почетный член Палеонтологического общества при РАН, член триасовой и пермской Комиссий межведомственного стратиграфического комитета (МСК), член верхнепермской, триасовой и номенклатурной секций Региональной межведомственной стратиграфической комиссии по центру и югу Русской плиты. Он был куратором по пермской и триасовой ихтиофауне МСК России и член-корреспондентом Международной академии минеральных ресурсов.

В НИИ геологии Саратовского государственного университета М. Г. Миних руководил лабораторией рыб и рыбообразных в структуре

отдела биостратиграфии и палеонтологии, сотрудники которой совместно с коллегами научно-исследовательских и учебных организаций из разных городов страны опубликовали серию монографий, подготовили к защите ряд диссертаций. Сотрудничество с представителями других научных школ, занимавшихся изучением литологии, стратиграфии и палеонтологии пермских – триасовых отложений, позволило разрабатывать крупные научно-исследовательские проекты.

В 1999 году был реализован проект «Позднепермская и триасовая ихтиофауна Восточной Европы в связи с проблемами пространственных и временных корреляций». Заведая отделом биостратиграфии и палеонтологии, М. Г. Миних обеспечил активное творческое взаимодействие с другими подразделениями института – отделом общей геологии – руководителем В. П. Твердохлебов, лабораторией палеомагнетизма Э. А. Молоствовского и отделом минералогии, которым заведовала З. А. Яночкина. Это позволило продвигать крупные актуальные тематические исследования. Под руководством М. Г. Миниха и Э. А. Молоствовского в конце 90-х годов был осуществлен крупный тематический проект «Изучение стратотипа татарского яруса верхней перми». При выполнении исследований по данному направлению удалось не только обеспечить междисциплинарное взаимодействие с сотрудниками многих отделов института, но и привлечь в коллектив специалистов из ведущих научных организаций страны – Палеонтологического и Геологического институтов РАН.



Заседание Межведомственного стратиграфического совещания по триасу Восточно-Европейской платформы (г. Саратов, НВ НИИГГ, 1979 г.). Слева, в первом ряду: В. Г. Очев, М. А. Шишкин, В. П. Твердохлебов (в центре), справа – М. Г. Миних (фото С. П. Рыкова)



М. Г. Миних – автор более чем 200 научных работ, в том числе 2 личных и 15 коллективных монографий, соавтор ряда листов Государственной геологической карты СССР. В разные годы он являлся руководителем и ответственным исполнителем ряда НИР по грантам Министерства образования РФ, конкурсного центра «Университеты России» и Российского фонда фундаментальных исследований. Многие работы, выполненные на основе многолетних полевых изысканий и тематических исследований, задумывались и выполнялись совместно с Аллой Васильевной Миних, супругой и соисполнителем научных и полевых свершений [4].

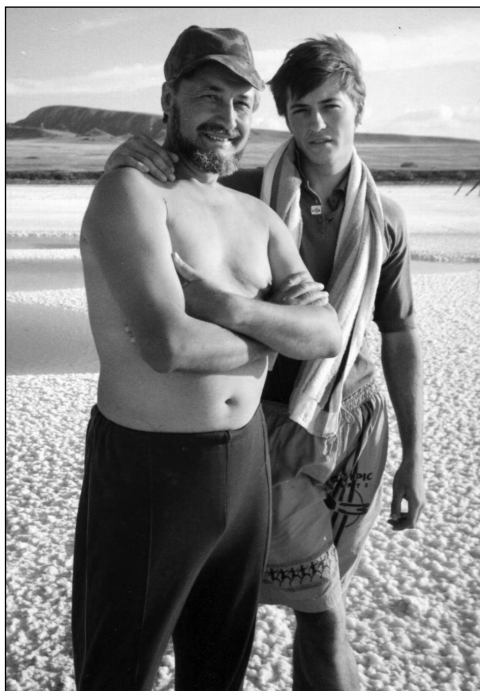
Весьма заметна деятельность М. Г. Миниха в качестве педагога и наставника. Работая на кафедре исторической геологии и палеонтологии, он читал курс «Историческая геология с основами палеонтологии» и преподавал геологическое картирование в рамках учебной полевой практики на Саратовском и Жирновском (Волгоградская обл.) научно-образовательных полигонах. Он активно поддерживал создание на геологическом факультете СГУ новой кафедры геоэкологии и с большим вдохновением начал работать в ее коллективе в качестве профессора. Во многом благодаря его деятельности на кафедре геоэкологии зародилась практика междисциплинарных палеоэкологических и историко-геоэкологических исследований, появились первые дипломные работы по эволюции экосистем, оценке и охране объектов геологического наследия. На кафедре геоэкологии Максим Георгиевич смело взялся за освоение

новых для него дисциплин: «История и методология геоэкологии», «Методы геоэкологических исследований», «Мелиорация почв и грунтов», «Мерзлотоведение», «Почвоведение», «Экология почв», «Основы геокриологии литосферы», принял на себя руководство учебной полевой практикой по геоэкологическому картированию. При этом большое внимание он уделял методическим разработкам и издал в виде отдельного пособия лекционный курс по «Мелиорации почв и грунтов» [8].

Максим Георгиевич понимал необходимость обеспечения преемственности поколений в науке. Не случайно будучи сыном геолога-маркшейдера он вместе со своей супругой Аллой Васильевной направил по пути изучения наук о Земле своих детей и внуков, чем продолжил семейную научную династию. Дочь, Наталия Максимовна Миних, закончила геологический факультет СГУ в 1986 году по специальности инженер-геолог-геофизик, ее сын (внук М. Г. Миниха), Станислав Олегович Андрушкевич, работает заведующим лабораторией камнесамоцветного сырья и геммологии СГУ. Сын, Александр Максимович, закончил геологический факультет СГУ в 1997 году по специальности инженер-гидрогеолог. М. Г. Миних и А. В. Миних с особой любовью постоянно пестовали начинающих молодых исследователей – не просто преподавали ученикам «Школы юного геолога», но и привлекали их к реальной работе в своей лаборатории, в которой для многих свершилось первое робкое прикосновение к науке. Выпускники геологического факультета часто вспоминают свой первый экспедиционный опыт в их бытность школьниками или студентами в полевых партиях М. Г. Миниха на Донской Луке или Полярном Урале, в Оренбургском Приуралье или на горе Большое Богдо в Астраханском Заволжье. Центральной фигурой таких воспоминаний всегда является, конечно, Максим Георгиевич, который удивительно сочетал в себе увлеченного исследователя, талантливого организатора и незаменимого исполнителя.

М. Г. Миниху было присуще уважение к истории науки и памяти учителей. Достаточно вспомнить его активную работу в качестве члена организационного комитета Всероссийской конференции «Проблемы палеоэкологии и исторической геоэкологии», посвященной памяти его учителя профессора В. Г. Очева и состоявшейся в 2012, 2014 и 2016 годах в Саратовском государственном техническом университете имени Гагарина Ю. А.

В Саратовском Поволжье М. Г. Миних известен также как активный общественный деятель. Более двадцати лет он работал в профкоме НИИ геологии и в комитете профсоюза сотрудников СГУ. Ряд лет возглавлял комиссию СГУ по трудовым спорам профкома университета. Избирался депутатом Саратовского городского и областного советов (с 1990 по 1993 г.), где курировал экологию



М. Г. Миних и А. М. Миних в полевом маршруте по изучению верхнеперских и нижнетриасовых отложений в разрезе «Большое Богдо» (озеро Баскунчак, Астраханская область, 1999 г.)



Участники Всероссийской научной конференции, посвященной 80-летию со дня рождения В. Г. Очева (Саратов, СГТУ им. Гагарина Ю. А., 2012 г.). Слева направо: В. Б. Сельцер, О. Д. Смиливец, А. М. Карпов, Л. М. Медведева, Е. Ф. Ахлестина, А. В. Иванов, А. В. Миних, М. А. Шишкин, И. И. Молоствовская, М. Г. Миних, Д. В. Варенов и Т. В. Варенова

гические вопросы, возглавлял соответствующие проблемные комиссии [4]. Совмещая научные и общественные задачи, он систематически организовывал поездки по Среднему и Нижнему Поволжью с целью экспертизы памятников природы, инициировал мероприятия по обеспечению сохранения природного наследия.

Как истинный геолог-полевик М. Г. Миних увлекался охотой и рыбалкой, в студенческие годы был чемпионом университета, города и области в стрельбе из малокалиберной винтовки, получил звание кандидата в мастера спорта. В юношеские годы учился в Саратовском аэроклубе, занимался парашютным спортом, работал инструктором при парашютной вышке в городском парке культуры и отдыха.

М. Г. Миних ушел из жизни на 78-м году жизни 10 июля 2019 года. Несмотря на продолжительную болезнь, он до последних дней сохранял творческую активность как ученый, педагог и организатор. Максим Георгиевич оставил не только значительное наследие в виде научных и методических трудов, но и свой неповторимый образ полевого геолога, преданного делу и коллективу, подвижника в памяти благодарных потомков и последователей.

Библиографический список

1. Яшков И. А., Иванов А. В., Виноградова Т. Н., Надеждина А. С., Романова Е. Г. «Духовное влияние на меня моего отца было огромно»: Георгий Федорович Очев как

землеустроитель и геодезист // Проблемы палеоэкологии и исторической геоэкологии: труды Всерос. науч. конф. памяти профессора В. Г. Очева / ред. : А. В. Иванов, И. В. Новиков, И. А. Яшков. М. : ПИН РАН им. А. А. Борисяка ; Саратов : СГТУ им. Гагарина Ю. А. : Кузница рекламы, 2017. С. 262–286.

2. Очев В. Г. Тайны пылающих холмов. Саратов : Издательство Саратовского университета, 1976. 95 с.

3. Очев В. Г. Еще не пришли динозавры. Саратов : Научная книга, 2000. 130 с.

4. Саратовская высшая геологическая школа : к 75-летию геологического факультета Саратовского государственного университета и 70-летию НИИ геологии СГУ / сост. : Л. А. Годин, В. Н. Семенов. Саратов : Издательский центр «Наука», 2007. 256 с.

5. Миних М. Г., Миних А. В., Юнанидзе Т. Я. Оценка влияния перераспределения стока р. Сухоны и оз. Кубенское в Волгу на природную среду севера // Вопросы геологии и современной геодинамики Нижнего Поволжья : науч. сб. Саратов : Издательство Саратовского университета, 1988. С. 9–17. Деп. ВИНТИ № 5444-B88.

6. Миних М. Г., Миних А. В. Ихтиофауна перми Европейской России. Саратов : Издательский центр «Наука», 2009. 244 с.

7. Лозовский В. Р. Посвятившие свою научную жизнь перми и триасу // Проблемы палеоэкологии и исторической геоэкологии : труды Всерос. науч. конф. памяти профессора В. Г. Очева / ред. А. В. Иванов. Саратов : Кузница рекламы, 2014. С. 156–182.

8. Миних М. Г. Курс лекций по мелиорации почв и грунтов : учеб. пособие. Саратов : Издательство Саратовского университета, 2011. 160 с.



Список основных научных публикаций М. Г. Миниха

- Опыт применения биометрии к изучению зубных пластинок цератодонтид // Палеонтологический журнал. 1968. № 2. С. 76–87. (В соавт. с Э. И. Воробьёвой.)
- Значение остатков двоякодышащих рыб (*Dipnoi*) для стратиграфии триасовых отложений востока Европейской части СССР // Вопросы геологии Южного Урала и Поволжья. Вып. 6, ч. 1. Палеозой и мезозой. Саратов : Издательство Саратовского университета, 1969. С. 137–145.
- О новых находках дипной в разрезе горы Большое Богдо // Доклады АН СССР. 1969. Т. 18, № 2. С. 414–416. (В соавт. с С. П. Рыковым.)
- Рыбы // Стратотипический разрез баскунчакской серии нижнего триаса горы Большое Богдо / под ред. акад. В. В. Меннера и В. В. Липатовой. Саратов : Издательство Саратовского университета, 1972. С. 48–50.
- Новые данные по стратиграфии триасовых отложений бассейна реки Мезени // Доклады АН СССР. 1973. Т. 208, № 5. С. 1175–1178. (В соавт. с В. Р. Лозовским и М. А. Шишкиным.)
- О состоянии стратиграфии нижнетриасовых отложений Русской плиты // Известия АН СССР. Сер. геологическая. 1973. № 3. С. 97–108. (В соавт. с Е. В. Мовшовичем.)
- Рыбы // Стратиграфия СССР. Триасовая система / под ред. Л. Д. Кипарисовой, Г. П. Радченко и В. П. Горского. М. : Недра, 1973. С. 451–454.
- О местонахождениях двоякодышащих рыб в триасовых отложениях Московской синеклизы // Вопросы геологии Южного Урала и Поволжья. Вып. 9, ч. 1. Саратов : Издательство Саратовского университета, 1974. С. 87–99. (В соавт. с В. Р. Лозовским.)
- К использованию остатков двоякодышащих рыб для стратиграфии и палеогеографии триаса Русской платформы и Приуралья // Континентальные красноцветные отложения перми и триаса. Саратов : Издательство Саратовского университета, 1975. С. 73–75.
- Нижний триас бассейна р. Мезени // Континентальные красноцветные отложения перми и триаса. Саратов : Издательство Саратовского университета, 1975. С. 75–78. (В соавт. с А. А. Одиноквым.)
- Биометрическое изучение зубных пластин двоякодышащих рыб // Математика в палеонтологии : сб. трудов Всесоюз. науч. конф. по математике в палеонтологии. М. : Наука, 1976. С. 11–12.
- Триасовые двоякодышащие рыбы востока Европейской части СССР. Саратов : Издательство Саратовского университета, 1977. 96 с.
- К тафономии двоякодышащих рыб в триасе востока Европейской части СССР // Вопросы тафономии и палеобиологии : труды XX сессии ВПО. Душанбе : Дониш, 1978. С. 94–100.
- Стратиграфическое и палеогеографическое значение верхнепермских и триасовых позвоночных Восточно-Европейской платформы и Приуралья. Саратов : Издательство Саратовского университета, 1979. 160 с. (В соавт. с А. В. Миних, В. Г. Очевым, Г. И. Твердохлебовой.)
- Описание опорного разреза татарского яруса р. Сухоны // Опорный разрез татарского яруса реки Сухоны / под ред. В. Г. Очева. Саратов : Издательство Саратовского университета, 1981. С. 6–49. (В соавт. с А. В. Миних.)
- Рыбы // Опорный разрез татарского яруса реки Сухоны / под ред. В. Г. Очева. Саратов : Издательство Саратовского университета, 1981. С. 56–64. (В соавт. с А. В. Миних.)
- Решение Межведомственного стратиграфического совещания по триасу Восточно-Европейской платформы (г. Саратов, 1979 г.). Л. : ВСЕГЕИ, 1982. 64 с. (В соавт. с В. В. Липатовой, В. Г. Очевым, С. П. Рыковым и др.)
- Проект унифицированной схемы триаса Восточно-Европейской платформы // Триасовые отложения Восточно-Европейской платформы / ред. В. В. Липатова, В. Г. Очев. Саратов : Издательство Саратовского университета, 1985. С. 11–28. (В соавт. с В. В. Липатовой, В. Г. Очевым, Г. И. Бломом и др.)
- Расчленение триасовых отложений Восточно-Европейской платформы по ихтиофауне // Триасовые отложения Восточно-Европейской платформы / под ред. В. В. Липатовой и В. Г. Очева. Саратов : Издательство Саратовского университета, 1985. С. 44–51. (В соавт. с А. В. Миних.)
- Триасовые отложения Мезенской синеклизы // Триасовые отложения Восточно-Европейской платформы / ред. В. В. Липатова, В. Г. Очев. Саратов : Издательство Саратовского университета, 1985. С. 125–132.
- Высокотельные рыбы из медистых песчаников Приуралья. Саратов : Издательство Саратовского университета, 1986. 27 с. Деп. в ВИНТИ 18.04.1986, № 2838-В86.
- Новый отряд лучепёрых из верхней перми Русской платформы. Саратов : Издательство Саратовского университета, 1986. 23 с. Деп. в ВИНТИ 18.04.1986, № 2839-В86. (В соавт. с А. В. Миних.)
- Спорово-пыльцевые комплексы нижнетриасовых отложений Мезенской синеклизы // Теория и практика палинологических исследований перми и триаса СССР. Сыктывкар, 1986. С. 126–131. Деп. в ВИНТИ, № 4839-В86. (В соавт. с Л. М. Медведевой.)
- Оценка влияния перераспределения стока р. Сухоны и оз. Кубенского в Волгу на природную среду севера // Вопросы геологии и современной геодинамики Нижнего Поволжья / под ред. В. Н. Зайонца. Саратов : НИИ Геологии СГУ, 1988. С. 9–17. Деп. в ВИНТИ, № 5444-В88. (В соавт. с А. В. Миних и Т. Я. Юнанидзе.)
- О генезисе татарских красноцветов Русской платформы // Палеофлористика и стратиграфия фанерозоя / под ред. М. А. Ахметьева. М. : ГИН АН СССР, 1989. С. 139–141.
- Особенности захоронения позднепермских и триасовых рыб // Теория и опыт тафономии : межвуз. науч. сб. / ред. Г. В. Кулёва, В. Г. Очев. Саратов : Издательство Саратовского университета, 1989. С. 82–91. (В соавт. с А. В. Миних.)



Первая находка зубной пластинки двоякодышащей рыбы в верхней перми СССР // Палеонтологический журнал. 1989. № 1. С. 121–123.

Новый горизонт в нижнем триасе Восточно-Европейской платформы // Доклады АН СССР. 1990. Т. 315, № 2. С. 453–456. (В соавт. с И. В. Новиковым, В. Р. Лозовским, М. А. Шишкиным.)

Ревизия некоторых палеонисков и новые рыбы из верхней перми Восточно-Европейской платформы и возможности использования их в стратиграфии // Вопросы геологии Южного Урала и Нижнего Поволжья : сб. науч. тр. / под ред. О. И. Алёшечкина. Саратов : Издательство Саратовского университета, 1990. С. 84–104. (В соавт. с А. В. Миних.)

Государственная геологическая карта СССР. (Новая серия). Карта дочетвертичных отложений. Лист Q-38, 39 (Мезень). Масштаб 1 : 1000000. Л. : ВСЕГЕИ, 1991. (В соавт. с В. И. Башиловым, В. И. Розановым и др.)

Значение тафономических исследований местонахождений рыб при интерпретации генезиса позднепермских и триасовых отложений // Материалы по методам тафономических исследований / под ред. Г. В. Кулевой и В. Г. Очева. Саратов : Издательство Саратовского университета, 1992. С. 96–108.

Новые высокотельные рыбы из верхнепермских отложений Восточно-Европейской платформы // Вопросы палеонтологии : межвуз. науч. сб. СПб. : Издательство Санкт-Петербургского университета, 1992. Т. X. С. 137–146.

Тафономические исследования местонахождения Кичкасс в позднепермских медистых песчаниках // Материалы по методам тафономических исследований / под ред. Г. В. Кулевой и В. Г. Очева. Саратов : Издательство Саратовского университета, 1992. С. 108–120. (В соавт. с А. В. Миних, Т. И. Погуца, А. В. Гоманьковым.)

The Late Permian ichthyofauna from the east of the Russian Platform and Pre-Urals from systematic and ecological-palaeogeographical aspects // Fossil Fishes as Living Animals. Academia, 1 / ed. E. Mark-Kurik. Tallinn : Academy of Sciences of Estonia, 1992. P. 289–299.

Экологическая безопасность : оценка территории : метод. рекомендации по составлению экологического паспорта территории. Саратов : Ареал, 1993. 208 с. (В соавт. с Л. С. Гранич, В. С. Арсеновым, Н. С. Решетниковой и др.)

Late Permian actinopterygians ichthyolites from Russia, methods of study and usage in geology // The Gross Symposium. Scientific sessions : Abstracts. Göttingen, Germany : Göttingen state University, 1993. P. 60. (В соавт. с А. В. Миних.)

Рыбы // Биостратиграфия континентального триаса Южного Приуралья / под ред. М. А. Шишкина. М. : Наука, 1995. С. 38–56.

Рыбы // Стратотипы и опорные разрезы верхней перми Поволжья и Прикамья / под ред. Н. К. Есауловой и В. Р. Лозовского. Казань : Экоцентр, 1996. С. 258–269. (В соавт. с А. В. Миних.)

Корреляция казанских и татарских отложений в бассейнах Северной Двины, Средней Волги и Урала по ихтиофауне // Ученые записки геологического факультета Саратовского госуниверситета. Нов. сер. 1997. Вып. 1. С. 60–66. (В соавт. с А. В. Миних.)

Этапность развития позднепермской и триасовой ихтиофауны Европейской России и стратиграфические ихтиокомплексы // Ученые записки геологического факультета Саратовского госуниверситета. Нов. сер. 1997. Вып. 1. С. 67–77.

Ichthyofauna correlation of the Triassic deposits from the northern Cis-Caspian and southern Cis-Urals regions // Peri-Tethys : stratigraphic correlations, Geodiversitas / eds. Crasquin-Soleau S. & De Wever P. Paris, 1997. Vol. 19, № 2. P. 279–292. (В соавт. с А. В. Миних.)

Описание новых и характерных таксонов. Ихтиофауна // Биота Востока Европейской России на рубеже ранней и поздней перми : материалы к Междунар. симпозиуму «Верхнепермские стратотипы Поволжья» / под ред. Т. А. Грунт, Н. К. Есауловой и Г. П. Канева. М. : ГЕОС, 1998. С. 256–266. (В соавт. с Д. И. Янкевичем.)

Рыбы // Граница перми и триаса в континентальных сериях Восточной Европы : материалы к Междунар. симпозиуму «Верхнепермские стратотипы Поволжья» / ред. В. Р. Лозовский, Н. К. Есаулова. М. : ГЕОС, 1998. С. 74–88. (В соавт. с А. В. Миних.)

Характерные комплексы основных групп ископаемых организмов и история их развития на рубеже ранней и поздней перми. Гл. 9. Ихтиофауна // Биота Востока Европейской России на рубеже ранней и поздней перми : материалы к Междунар. симпозиуму «Верхнепермские стратотипы Поволжья» / под ред. Т. А. Грунт, Н. К. Есауловой и Г. П. Канева. М. : ГЕОС, 1998. С. 220–230. (В соавт. с Д. И. Янкевичем.)

Fishes // Stratotypes and Referens Sections of the Upper Permian in the Regions of the Volga and Kama Rivers / eds. N. Esauslova, V. Lozovsky, A. Rozanov. M. : GEOS, 1998. S. 173–176. (В соавт. с А. В. Миних.)

Stratigraphic correlations of the Upper Permian and Triassic beds from the Volga-Ural and Cis-Caspian // Peri-Tethys, Memoir 3. Stratigraphy and Evolution of Peri-Tethyan Platforms / eds. S. Crasquin-Soleau, E. P. Barrier. Paris: Muséum national d'Histoire naturelle, 1998. S. 35–44. (В соавт. И. И. Молоствовской, Э. А. Молостовским.)

Анализ мирового распространения триасовых рыб и возможность корреляции разнофациальных осадочных толщ триаса Европейской России по ихтиофауне // Проблемы изучения биосферы : избр. тр. Всерос. науч. конф. Саратов : Издательство ГосУНЦ «Колледж», 1999. С. 125–137. (В соавт. с А. В. Миних.)

Детализация региональной стратиграфической шкалы нижнего триаса Прикаспийской впадины и смежных территорий // Геологические науки-99 : избр. тр. межвед. науч. конф. / ред. Ю. П. Конценебин. Саратов : Издательство ГосУНЦ «Колледж», 1999. С. 22–26. (В соавт. с А. В. Миних, Д. А. Кухтиновым.)

Ихтиофауна в верхней перми Европейской России (этапы развития, стратиграфические комплексы, зоны) // Геологические науки-99 : избр. тр. межвед. науч. конф. / ред. Ю. П. Конценебин. Саратов : Издательство ГосУНЦ «Колледж», 1999. С. 34–38. (В соавт. с А. В. Миних.)

К вопросу о модернизации Восточно-Европейской шкалы верхнего отдела пермской системы // Геологи-



ческие науки-99 : избр. тр. межвед. науч. конф. / ред. Ю. П. Конценебин. Саратов : Издательство ГосУНЦ «Колледж», 1999. С. 14–19. (В соавт. с А. В. Миних, И. И. Молоствовской, Э. А. Молостовским.)

Ревизия таксономического состава позднепермской и триасовой ихтиофауны Восточной Европы // Труды / НИИ-геологии СГУ им. Н. Г. Чернышевского. Нов. сер. Т. 1. Саратов : Издательство ГосУНЦ «Колледж», 1999. С. 119–132.

Стратиграфическое значение позднепермской ихтиофауны Восточно-Европейской стратотипической области. Ихтиокомплексы и зональная шкала // Верхнепермские стратотипы Поволжья : доклады Междунар. симпозиума. М. : ГЕОС, 1999. С. 265–268. (В соавт. с А. В. Миних.)

К вопросу о трёхчленном подразделении пермской системы и номенклатуре Восточно-Европейской стратиграфической шкалы // Бюллетень Региональной межвед. стратиграфической комиссии по центру и югу Русской платформы. Вып. 3. М., 2000. С. 52–60. (В соавт. с А. В. Миних, И. И. Молоствовской, Э. А. Молостовским.)

Ichthyofauna in the Triassic from European Russia and its stratigraphic importance // Zbi. Geol. Paleont.-Stuttgart. Februar, 2000. Teil 1, heft 11–12. S. 1337–1351.

К вопросу о трёхчленном подразделении пермской системы и номенклатуре Восточно-европейской стратиграфической шкалы // Бюллетень Региональной межведомственной стратиграфической комиссии по центру и югу Русской платформы. 2001. Вып. 3. С. 52–60. (В соавт. с А. В. Миних, И. И. Молоствовской, Э. А. Молостовским.)

Новые данные по раннетриасовым позвоночным в местонахождении «Донская Лука» (Волгоградская область). Ст. 1 // Геология и разведка. 2001. № 6. С. 33–38. (В соавт. с А. В. Миних, И. В. Новиковым, А. Г. Сенниковым и др.)

Описание разреза // Татарские отложения реки Сухоны / ред. Э. А. Молостовский, А. В. Миних. Саратов : Научная книга, 2001. С. 25–69. (В соавт. с А. В. Миних, И. И. Молоствовской, Э. А. Молостовским.)

О новой модели унифицированной схемы стратиграфии триасовых отложений Прикаспийского региона // Недр Поволжья и Прикаспия. Саратов, 2001. Вып. 26. С. 33–36. (В соавт. с Д. А. Кухтиновым, В. Р. Лозовским, Е. В. Мовшовичем и др.)

Рыбы // Стратотипический разрез татарского яруса на реке Вятке / отв. ред. А. В. Гоманьков. М. : ГЕОС, 2001. С. 110–116. (В соавт. с А. В. Миних.)

Стратиграфическая схема расчленения татарских отложений р. Сухоны // Татарские отложения реки Сухоны / ред. Э. А. Молостовский, А. В. Миних. Саратов : Научная книга, 2001. С. 155–159. (В соавт. с А. В. Миних.)

К реконструкции общей стратиграфической шкалы верхнего отдела пермской системы // Геология и разведка. 2002. № 1. С. 8–21. (В соавт. с А. В. Миних, И. И. Молоствовской, Э. А. Молостовским.)

Новые данные по раннетриасовым позвоночным в местонахождении «Донская Лука» (Волгоградская область). Ст. 2 // Геология и разведка. 2002. № 2. С. 43–53. (В соавт. с А. В. Миних, И. В. Новиковым, А. Г. Сенниковым и др.)

Рыбы на рубеже нижней и верхней перми в опорном разрезе на реке Кожим в Печорском Приуралье // Известия

вузов. Геология и разведка. 2003. № 6. С. 46–49. (В соавт. с А. В. Миних, Д. И. Янкевичем.)

Обзор позднепермской и триасовой ихтиофауны Европейской России и сопредельных территорий // Вопросы палеонтологии и стратиграфии верхнего палеозоя и мезозоя (памяти Г. Г. Пославской) / под ред. А. В. Иванова. Саратов : Научная книга, 2004. С. 155–167. (В соавт. с А. В. Миних.)

О нижне-верхнетатарском рубеже современной стратиграфической схемы перми Восточной Европы // Недр Поволжья и Прикаспия. Саратов, 2004. Вып. 39. С. 16–21. (В соавт. с В. Г. Очевым, А. В. Миних, И. И. Молоствовской и др.)

Основные стратиграфические рубежи верхней перми Европейской России по ихтиофауне и оценка их ранга // Структура и статус Восточно-Европейской стратиграфической шкалы пермской системы, усовершенствование ярусного расчленения верхнего отдела пермской системы Общей стратиграфической шкалы : доклады Всерос. совещания. Казань : Издательство Казанского университета, 2004. С. 44–45. (В соавт. с А. В. Миних.)

Основные тенденции и проблемы модернизации общей стратиграфической шкалы пермской системы // Структура и статус Восточно-Европейской стратиграфической шкалы пермской системы, усовершенствование ярусного расчленения верхнего отдела пермской системы Общей стратиграфической шкалы : доклады Всерос. совещания. Казань : Издательство Казанского университета, 2004. С. 52–53. (В соавт. с А. В. Миних, И. И. Молоствовской, Э. А. Молостовским.)

Ихтиофауна в корреляции разрезов триаса Южного Приуралья, юго-востока Волго-Уральской и Воронежской антеклиз и Прикаспийской впадины // Недр Поволжья и Прикаспия. Саратов, 2005. Вып. 42. С. 35–45. (В соавт. с А. В. Миних.)

Зональная схема триаса Европейской России по ихтиофауне // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2006. Т. 6, вып. 1. С. 63–71. (В соавт. с А. В. Миних.)

Ихтиофауна // Верхняя пермь полуострова Канин / под ред. Т. А. Грунт. М. : Наука, 2006. С. 48–59. (В соавт. с А. В. Миних.)

Новые ярусы Общей (Восточно-Европейской) шкалы пермской системы. Их обоснование и краткая характеристика // Недр Поволжья и Прикаспия. Саратов. 2006. Вып. 48. С. 28–37. (В соавт. с А. В. Миних, И. И. Молоствовской, Э. А. Молостовским.)

Новая Общая Восточно-Европейская стратиграфическая шкала пермской системы : принципы выделения и обоснование // Геологические науки-2007 : материалы науч. межвед. конф. Саратов : Издательство Саратовского университета, 2007. С. 35–37. (В соавт. с А. В. Миних, И. И. Молоствовской, Э. А. Молостовским.)

Методы геоэкологических исследований в вопросах и ответах : учеб. пособие. Саратов : Издательство Саратовского университета, 2008. 98 с.

Новые палеоихтиологические данные в характеристике рубежа биармийского и татарского отделов перми в Бузулукской впадине Оренбургского Приуралья // Недр Поволжья и Прикаспия. Саратов, 2008. № 54. С. 10–14. (В соавт. с А. В. Миних.)



Палеогеографическая интерпретация тафономии основных местонахождений ихтиофауны средней и верхней перми Европейской России // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2008. Т. 8, вып. 2. С. 22–30. (В соавт. с А. В. Миних, Д. И. Янкевичем.)

Ихтиофауна перми Европейской России. Саратов : Издательский центр «Наука», 2009. 244 с. (В соавт. с А. В. Миних.)

Основные события в развитии средне- и позднепермской ихтиофауны Восточной Европы // Исследования по палеонтологии и биостратиграфии древних континентальных отложений (Памяти профессора В. Г. Очева) : сб. науч. статей / ред. М. А. Шишкин, В. П. Твердохлебов. Саратов : Научная книга, 2009. С. 141–157. (В соавт. с А. В. Миних.)

Уфимский ярус Восточно-Европейской шкалы : статус, валидность, корреляционный потенциал // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 2009. Т. 17, № 6. С. 46–58. (В соавт. с В. Р. Лозовским, Т. А. Грунт, Д. А. Кухтиновым и др.)

О некоторых следах жизнедеятельности ископаемых позвоночных животных в пермских отложениях Европейской России // Недр Поволжья и Прикаспия. Саратов, 2010. Вып. 64. С. 54–62. (В соавт. с А. В. Миних.)

Disruption of playa-lacustrine depositional systems at the Permo-Triassic boundary : evidence from Vyazniki and Gorokhovets on the Russian Platform // Journal of Geological Society. London, 2010. Vol. 167. P. 695–716. (В соавт. с А. J. Newell, A. G. Sennikov, M. J. Benton et al.)

Курс лекций по мелиорации почв и грунтов. Саратов : Издательство Саратовского университета, 2011. 160 с.

К характеристике опорного разреза пограничных отложений перми и триаса в овраге Жуков (Владимирская обл., бассейн р. Клязьма) // Пермская система : стратиграфия, палеонтология, палеогеография, геодинамика и минеральные ресурсы : материалы конф., посвященной 170-летию со дня открытия пермской системы. Пермь : Пермский государственный университет, 2011. С. 133–138. (В соавт. с А. В. Миних, В. К. Голубевым, Д. А. Кухтиновым и др.)

Норы двоякодышащих рыб как индикатор физико-географических условий осадконакопления в средней и верхней перми на юго-востоке Европейской России // Известия вузов. Геология и разведка. 2011. № 2. С. 6–11. (В соавт. с А. В. Миних.)

Уточненная субрегиональная стратиграфическая схема триасовых отложений запада, центра и севера Восточно-Европейской платформы (Польско-Литовская, Московская и Мезенская синеклизы). Утверждена МСК в 2011 г. / под ред. В. Р. Лозовского и С. М. Шика. М. : Палеонтологический институт им. А. А. Борисяка РАН, 2011. 62 с. (В соавт. с А. В. Миних, В. Р. Лозовским, А. Г. Олферьевым и др.)

Хрящевые (класс Chondrichthyes) и лучеперые (класс Actinopterygii) рыбы в стратиграфии перми европейской части России // Пермская система : стратиграфия, палеонтология, палеогеография, геодинамика и минеральные ресурсы : материалы конф., посвященной 170-летию со дня открытия пермской системы. Пермь : Пермский государственный университет, 2011. С. 128–132. (В соавт. с А. В. Миних.)

Граница перми и триаса на юго-востоке Московской синеклизы // Сб. науч. тр. Всерос. науч. конф., посвященной 80-летию со дня рождения профессора В. Г. Очева / ред. А. В. Иванов. Саратов : Издательство Саратовского государственного технического университета им. Гагарина Ю. А., 2012. С. 144–150. (В соавт. с А. В. Миних, В. К. Голубевым, А. Г. Сенниковым и др.)

Ещё раз о прибрежно-морском генезисе триасового местонахождения Тихвинское // Сб. науч. тр. Всерос. науч. конф., посвященной 80-летию со дня рождения профессора В. Г. Очева / ред. А. В. Иванов. Саратов : Издательство Саратовского государственного технического университета им. Гагарина Ю. А., 2012. С. 88–96. (В соавт. с А. В. Миних.)

Опорный разрез перми и триаса в Жуковом овраге у г. Гороховец, Владимирская обл. // Бюллетень РМСК. 2012. Вып. 5. С. 49–82. (В соавт. с А. В. Миних, В. К. Голубевым, А. Г. Сенниковым и др.)

Палеоэкологическая характеристика и генетическая природа среднепермских местонахождений рыб правобережья Волги в Татарстане. Проблемы геоэкологии, экологической геологии и рационального природопользования // Материалы Всерос. науч. конф. Саратов : Издательский центр «Наука», 2012. С. 35–41. (В соавт. с С. О. Андрушкевичем.)

Рыбы // Объекты геологического наследия Ярославской области : Стратиграфия, палеонтология и палеогеография / ред. Д. Н. Киселёв [и др.]. М. : Издательский Дом «Юстицинформ», 2012. С. 67–72. (В соавт. с А. В. Миних.)

Тихвинское. Тафономия // Объекты геологического наследия Ярославской области : Стратиграфия, палеонтология и палеогеография / ред. Д. Н. Киселёв [и др.]. М. : Издательский Дом «Юстицинформ», 2012. С. 50–54. (В соавт. с А. В. Миних, А. Г. Сенниковым, И. В. Новиковым.)

Ихтиофауна в стратиграфии перми и триаса Европейской России // Общая стратиграфическая шкала России : состояние и перспективы обустройства : Всерос. конф. ГИН РАН. М. : ГИН РАН, 2013. С. 228–231. (В соавт. с А. В. Миних.)

Палеонтологическая и литолого-минералогическая характеристика опорных разрезов триаса Яренской впадины Мезенской синеклизы и возможности корреляции их с триасом Прикаспия // Недр Поволжья и Прикаспия. Саратов, 2013. Вып. 74. С. 46–60. (В соавт. с А. В. Миних, Т. Ф. Букиной.)

Ихтиофауна терминальной перми в окрестностях г. Вязники Владимирской области // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2014. Т. 14, вып. 2. С. 91–96. (В соавт. с А. В. Миних, С. О. Андрушкевичем.)

Обоснование границы северодвинского и вятского ярусов в опорном разрезе р. Сухоны по ихтиофауне // Проблемы палеоэкологии и исторической геоэкологии : сб. тр. Второй Всерос. научн. конф., посвященной памяти В. Г. Очева / ред. А. В. Иванов. Саратов : Саратовский государственный технический университет им. Гагарина Ю. А., 2014. С. 58–64. (В соавт. с А. В. Миних.)

Новые данные о представителях фауны позвоночных в вятском ярусе поздней перми бассейна Верхней Волги // Недр Поволжья и Прикаспия. Саратов, 2015.



Вып. 82. С. 28–35. (В соавт. с А. В. Миних, В. К. Голубевым, А. Г. Сенниковым и др.)

Monastery ravine section. Stratotype of the Urzhumian and limitotype of the Severodvinian stage. Type and reference sections of the Middle and Upper Permian of the Volga and Kama River Regions // A Field Guidebook of XVIII International Congress on Carboniferous and Permian / eds. D. K. Nurgaliev, V. V. Silantiev, S. V. Nikolaeva. Kazan : Kazan University Press, 2015. 120–137 p. (В соавт. с Ф. А. Муравьевым, М. П. Арефьевым, В. В. Силантьевым и др.)

Type and reference sections of the Permian-Triassic continental sequences of the East European Platform : main isotope, magnetic and biotic events // XVIII International Congress on the Carboniferous and Permian Sukhona and Dvina Rivers field trip. / ed. S. V. Nikolaeva. M. : PIN RAS, 2015. 104 p. (В соавт. с М. П. Арефьевым, В. К. Голубевым, Ю. П. Балабановым и др.)

Актуализированная стратиграфическая схема триасовых отложений Прикаспийского региона : объяснительная записка. М. : ВНИГНИ, 2016. 36 с. (В соавт. с Д. А. Кухтиновым, О. П. Ярошенко, М. А. Шишкиным и др.)

Инженерные коммуникации и геологическое строение Увекского городища. Историко-археологические памятники Золотой Орды на территории Саратовского Поволжья. Укек : прошлое, настоящее будущее // Сб. материалов Междунар. науч.-практ. конф. / под ред. К. А. Аблязова, Э. С. Кульпина-Губайдуллина, Ф. А. Рашитова. Саратов : Научная книга. 2016. С. 87–91. (В соавт. с С. А. Браташовой.)

Пермская и триасовая ихтиофауна в стратиграфии Крайнего Севера Европейской России // Проблемы палеоэкологии и исторической геоэкологии : сб. тр. Третьей Всероссий. науч. конф., посвященной памяти В. Г. Очева. / ред. А. В. Иванов. Саратов : Саратовский государственный тех-

нический университет им. Гагарина Ю. А., 2016. С. 47–52. (В соавт. с А. В. Миних, И. В. Новиковым.)

Раннетриасовые двоякодышащие рыбы Ивановского Поволжья // Известия вузов. Геология и разведка. 2016. № 4. С. 8–15. (В соавт. с И. В. Новиковым.)

Новые данные по триасу юга Прикаспийской впадины // Недр Поволжья и Прикаспия. Саратов, 2017. Вып. 92. Ст. 1. Бассейн Северной Двины // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2018. Т. 18, вып. 3. С. 184–193. (В соавт. с А. П. Прониным, О. В. Братыщенко.)

Ихтиофауна в опорных разрезах средней и верхней перми Восточной Европы. Комплексы и зональная шкала. Ст. 1. Бассейн Северной Двины // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2018. Т. 18, вып. 3. С. 184–193. (В соавт. с А. В. Миних.)

Новое местонахождение среднетриасовых позвоночных на крайнем юге Прикаспийской впадины // Проблемы палеоэкологии и исторической геоэкологии : Всерос. науч. конф., посвященная памяти В. Г. Очева : тез. докл. / ред. И. В. Новиков, А. В. Иванов. М. : ПИН РАН ; Саратов : Саратовский государственный технический университет им. Гагарина Ю. А., 2018. С. 35–37. (В соавт. с А. В. Миних, А. П. Прониным.)

О широком распространении в Европейской России триасового «сибирского» рода рыб *Evenkia Berg* (Actinopterygii) // Проблемы палеоэкологии и исторической геоэкологии : Всерос. науч. конф., посвященная памяти В. Г. Очева : тез. докл. / ред. И. В. Новиков, А. В. Иванов. М. : ПИН РАН ; Саратов : Саратовский государственный технический университет им. Гагарина Ю. А., 2018. С. 37–39. (В соавт. с А. В. Миних.)

Современное состояние изученности средне- и позднепермской ихтиофауны Восточной Европы в стратиграфическом аспекте // Недр Поволжья и Прикаспия. Саратов, 2019. Вып. 98. С. 51–64. (В соавт. с А. В. Миних, С. О. Андрушкевичем.)

Образец для цитирования:

Иванов А. В., Первушов Е. М., Новиков И. В., Попов Е. В. Исследователь биогеосистем от палеозоя до современности: памяти палеонтолога и геоэколога профессора М. Г. Миниха (1942–2019) // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2020. Т. 20, вып. 4. С. 285–295. DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2020-20-4-285-295>

Cite this article as:

Ivanov A. V., Pervushov E. M., Novikov I. V., Popov E. V. Eminent Phanerozoic Biosystematist: in Memory of Paleontologist and Geocologist Professor Maxim G. Minikh (1942–2019). *Izv. Saratov Univ. (N. S.), Ser. Earth Sciences*, 2020, vol. 20, iss. 4, pp. 285–295 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2020-20-4-285-295>