

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

ИЗВЕСТИЯ САРАТОВСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

Новая серия



Серия: **Науки о Земле**
2022
Том 22
Выпуск 4



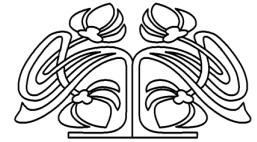
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского»

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
2022 Том 22
ISSN 1819-7663 (Print)
ISSN 2542-1921 (Online)
Издаётся с 2006 года

СОДЕРЖАНИЕ

Научный отдел

География

Богданов М. Б., Морозова С. В., Алиппиева М. А.
Применение моделей временных рядов для прогноза аномалии глобальной температуры 230

Мухамедияров Н. Ж., Макарычев С. В., Колбин В. В., Дюсембаева М. Т., Шакенов Е. З., Есильканов Г. М., Темиржанова А. Е., Ташекова А. Ж., Умаров М. А.
Исследование пространственного распределения элементов в системе «вода – донные отложения» ручья Узынбулак Семипалатинского испытательного полигона 235

Соколов А. А., Руднева О. С.
Районирование территории степной зоны России по уровню социально-экономического развития 243

Ямашкин А. А., Ямашкин С. А.
Геопорталы как инструмент доступа к облачным хранилищам данных о метагеосистемах 251

Геология

Огаджанов В. А., Волкова Е. Н.
К вопросу о геологической природе неоднородностей кристаллического фундамента Восточно-Европейской платформы 262

Первушов Е. М.
Биогенная составляющая фосфоритового горизонта среднего турона в разрезе Сеноманская стенка. Статья 1. Материал и палеоэкологический анализ 268

Полковой К. С.
Представители подсемейства Cheloniceratinae Spath, 1923 (Ammonoidea) из апта Мангышлака, Западной и Южной Туркмении. Статья 2. Род Epicheloniceras Casey, 1954 283

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: 1.6.1, 1.6.2, 1.6.9, 1.6.12, 1.6.13, 1.6.18, 1.6.20, 1.6.21)

Подписной индекс издания 36010.
Подписку на печатные издания можно оформить в Интернет-каталоге ГК «Урал-Пресс» (ural-press.ru).
Журнал выходит 4 раза в год.
Цена свободная.
Электронная версия находится в открытом доступе (geo.sgu.ru)

Директор издательства
Бучко Ирина Юрьевна

Редактор
Малютина Елена Анатольевна

Художник
Соколов Дмитрий Валерьевич

Редактор-стилист
Агафонов Андрей Петрович

Верстка
Степанова Наталия Ивановна

Технический редактор
Каргин Игорь Анатольевич

Корректор
Малютина Елена Анатольевна

Адрес учредителя, издателя и издательства (редакции):
410012, Саратов, ул. Астраханская, 83
Тел.: +7(845-2) 51-29-94, 51-45-49, 52-26-89
E-mail: publ@sgu.ru, izdat@sgu.ru

Подписано в печать 15.12.22.
Подписано в свет 23.12.22.
Формат 60 × 84 1/8.
Усл. печ. л. 7.93 (8.5).
Тираж 100 экз. Заказ 136-Т.

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

© Саратовский университет, 2022



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 редколлекцией, не возвращаются.

Адреса для переписки с редколлекцией серии: geoizvestiya@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., Morozova S. V., Alimpieva M. A.
Application of time series models for forecasting the global temperature anomalies 230

Mukhamediyarov N. Zh., Makarychev S. V., Kolbin V. V., Dyussebayeva M. T., Shakenov E. Z., Yessilkanov G. M., Temirzhanova A. E., Tashekova A. Zh., Umarov M. A.
Study of spatial distribution of elements in the system "water – bottom sediments" of the Uzynbulak creek of the Semipalatinsk test site 235

Sokolov A. A., Rudneva O. S.
Zoning of the Russian steppe belt territory according to the level of socio-economic development 243

Yamashkin A. A., Yamashkin S. A.
Geoportals as a tool for access to cloud storage of metageosystems data 251

Geology

Ogadzhanov V. A., Volkova E. N.
On the question of the geological nature of the crystalline basement inhomogeneities of the East European Platform 262

Pervushov E. M.
The biogenic component of the Middle Turonian phosphorite horizon from the Senomanskaya Stenka section. Paper 1. Materials and paleoecological analysis 268

Polkovoy K. S.
Representatives of the subfamily Cheloniceratinae Spath, 1923 (Ammonoidea) from the Aptian of Mangyshlak, Western and Southern Turkmenistan. Paper 2. The Genus *Epicheloniceras* Casey, 1954 283



**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:

Горбатенко Валентина Петровна, доктор геогр. наук, профессор (Томск, Россия)

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

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

Казанский Алексей Юрьевич, доктор геол.-минерал. наук, профессор (Москва, Россия)

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

Катровский Александр Петрович, доктор геогр. наук, профессор (Смоленск, Россия)

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

Носонов Артур Модестович, доктор геогр. наук, профессор (Саранск, Россия)

Переведенцев Юрий Петрович, доктор геогр. наук, профессор (Казань, 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.
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:

Valentina P. Gorbatenko (Tomsk, Russia)

Andrey Yu. Guzhikov (Saratov, Russia)

Aleksey N. Didenko (Khabarovsk, Russia)

Aleksei Yu. Kazanskii (Moscow, Russia)

Nikolay A. Kalinin (Perm, Russia)

Aleksandr P. Katrovskii (Smolensk, Russia)

Aleksandr D. Korobov (Saratov, Russia)

Artur M. Nosonov (Saransk, Russia)

Yurij P. Perevedentsev (Kazan, Russia)

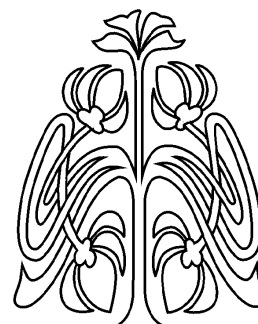
Yurij M. Semenov (Irkutsk, Russia)

Ashot V. Khoetsyan (Erevan, Armenia)

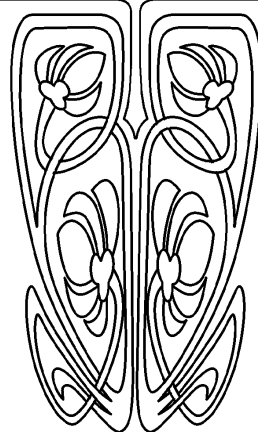
Aleksey N. Chumachenko (Saratov, Russia)

Boris N. Shurygin (Novosibirsk, Russia)

Nataliya V. Yakovenko (Voronezh, Russia)



**РЕДАКЦИОННАЯ
КОЛЛЕГИЯ**





ГЕОГРАФИЯ

Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2022. Т. 22, вып. 4. С. 230–234

Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences, 2022, vol. 22, iss. 4, pp. 230–234

<https://geo.sgu.ru> <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2022-22-4-230-234>, EDN: LPKOEH

Научная статья
УДК 551.5

Применение моделей временных рядов для прогноза аномалии глобальной температуры

М. Б. Богданов, С. В. Морозова[✉], М. А. Алимпиева

Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, Россия, 410012, г. Саратов, ул. Астраханская, д. 83

Богданов Михаил Борисович, доктор физико-математических наук, BogdanovMB@info.sgu.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5305-8925>

Морозова Светлана Владимировна, кандидат географических наук, доцент, swetwl@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5216-976X>

Алимпиева Мария Александровна, аспирант, alimpiewa@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4422-8835>

Аннотация. Спектральный анализ временного ряда среднегодовых значений аномалии глобально осредненной приповерхностной температуры показывает наличие гармоник лунного нодального цикла с периодом 18.6 года, что может использоваться при прогнозе значений ряда. Рассматривались три модели ряда: авторегрессия $AR(p)$, комбинированная модель авторегрессии – проинтегрированного скользящего среднего $ARIMA(p,d,q)$ и искусственная нейронная сеть. Показано, что наилучшие результаты прогноза аномалии глобальной температуры на три года дает модель $ARIMA(4,1,4)$.

Ключевые слова: прогнозирование, глобальная температура, модели временных рядов

Для цитирования: Богданов М. Б., Морозова С. В., Алимпиева М. А. Применение моделей временных рядов для прогноза аномалии глобальной температуры // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2022. Т. 22, вып. 4. С. 230–234. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2022-22-4-230-234>, EDN: LPKOEH

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

Article

Application of time series models for forecasting the global temperature anomalies

М. В. Bogdanov, S. V. Morozova[✉], М. А. Alimpieva

Saratov State University, 83 Astrakhanskaya St., Saratov 410012, Russia

Mikhail B. Bogdanov, BogdanovMB@info.sgu.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5305-8925>

Svetlana V. Morozova, swetwl@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5216-976X>

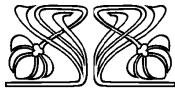
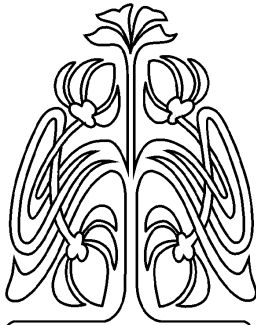
Mariya A. Alimpieva, alimpiewa@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4422-8835>

Abstract. Spectral analysis of the time series for average annual values of the globally averaged surface temperature anomaly shows the presence of harmonics of the lunar nodal cycle with a period of 18.6 years, which can be used to predict the values of the series. Three models of the series were considered: autoregression $AR(p)$, combined model of autoregression – integrated moving average $ARIMA(p,d,q)$ and artificial neural network. It is shown that the $ARIMA(4,1,4)$ model gives the best results for predicting the global temperature anomaly for three years.

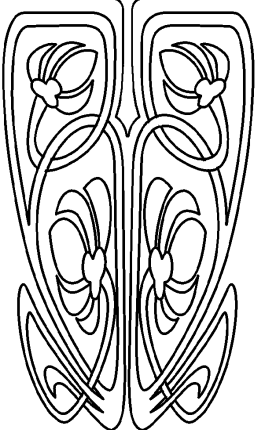
Keywords: forecasting, global temperature, time series models

For citation: Bogdanov M. B., Morozova S. V., Alimpieva M. A. Application of time series models for forecasting the global temperature anomalies. *Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences*, 2022, vol. 22, iss. 4, pp. 230–234 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2022-22-4-230-234>, EDN: LPKOEH

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



НАУЧНЫЙ
ОТДЕЛ





Введение

По мнению Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК, IPCC) наблюдаемое глобальное потепление вызвано антропогенной эмиссией парниковых газов, в первую очередь диоксида углерода и метана [1]. Этот вывод основан на расчетах сложных моделей общей циркуляции атмосферы и океана (МОЦАО). Несмотря на многие проблемы, возникающие при проведении подобных расчетов [2], данный подход стремится использовать всю доступную на сегодня информацию о климатической системе Земли и является единственно возможным при прогнозе аномалии глобальной температуры на время, измеряемое несколькими десятилетиями.

Альтернативой МОЦАО является подход, основанный на представлении изменений глобальной температуры разными моделями временных рядов, который не использует никакой другой информации, кроме той, что содержится в самом анализируемом ряде. Например, применение цифровой фильтрации к анализу изменений температуры Северного полушария с середины XIX века позволило обнаружить циклы продолжительностью около 30 лет и 70 лет [3]. Анализ ряда зимних температур Центральной Англии также указывает на наличие 70-летнего цикла [4]. Учитывая сравнительно малую длину рядов, точность оценки продолжительности этих циклов невысока, но полученные результаты не зависят от климатических моделей.

Сравнительная редкость применения моделей временных рядов в метеорологии и климатологии имеет достаточно простое объяснение. С давних времен исследователи стремились использовать для прогнозов всю доступную синоптическую информацию или данные о характеристиках циркуляции атмосферы. Объем информации, включаемой в современные гидротермодинамические модели прогноза погоды или МОЦАО, не сравним с тем, что можно извлечь из анализа временных рядов. Тем не менее данный подход может оказаться полезным при оценке характеристик ряда и для прогноза значений ряда на время в два-три интервала отсчета.

Целью нашей статьи является применение разных моделей временных рядов для прогноза аномалии глобально осредненной приповерхностной температуры, включая линейное предсказание, комбинированную модель авторегрессии – проинтегрированного скользящего среднего (часто обозначаемую английской аббревиатурой ARIMA) и модель искусственной нейронной сети. Полученные результаты сравниваются как между собой, так и с наблюдательными данными.

Наблюдательные данные

Для чистоты опыта мы выполнили все прогнозные расчеты в начале 2019 года. Одним из наиболее надежных рядов данных о глобальной температуре в то время был ряд средней годовой аномалии приповерхностной температуры $\Delta T(t)$, осредненной по Северному и Южному полушариям Земли, HadCRUT.4.6.0.0, полученный в Университете Восточной Англии. Методика расчета аномалии и описание ряда приведены в работе [5]. Начало временного ряда 1850 год, он содержал 169 отсчетов, использованных нами для построения его статистических моделей.

Поиск возможных периодических составляющих

Выше уже упоминалась возможность присутствия в аномалиях глобальной температуры долговременных циклов. Имея цель проведения прогноза на три интервала отсчета (три года), мы должны принимать во внимание возможность наличия в изменениях $\Delta T(t)$ составляющих с периодом порядка времени прогноза. Наиболее распространенным методом поиска периодических составляющих является цифровой спектральный анализ, который, однако, предполагает стационарность и эргодичность временного ряда. Очевидно, что наличие глобального потепления нарушает стационарность ряда. Для устранения тренда мы провели вычитание из отсчетов аномалии $\Delta T(t)$ значений скользящего среднего, вычисленного по 11 отсчетам. Данная процедура приводит к эффективному подавлению частот меньших 0.1 год^{-1} и обеспечивает стационарность полученного нового ряда.

Спектр мощности временного ряда отклонений аномалии от скользящего среднего $S(f)$, рассчитанный с использованием метода МТМ (multitaper method) [6] и компьютерной программы М. Е. Манна, приведен в линейном масштабе на рис. 1. Разрешение по частоте составляет 0.0126 год^{-1} , что показано на рис. 1 горизонтальным отрезком. Штриховой линией отмечена верхняя граница 95%-го доверительного интервала для математического ожидания спектра. Доверительный интервал оценивался в предположении красного шума, представляемого моделью авторегрессии первого порядка AR(1), параметры которой определялись по спектру мощности, сглаженному медианной фильтрацией.

По виду графика $S(f)$ можно судить о том, что в области низких частот $f < 0.1 \text{ год}^{-1}$ примененная нами процедура устранения нестационарности существенно подавляет спектр мощности. В этой области наблюдается только один пик с центральной частотой $f_0 = 0.0538 \text{ год}^{-1}$, который формально не является статистически значимым. Однако в области свободной от подавления можно видеть статистически значимые пики спектра, соответствующие гармоникам этого периодического колебания, с частотами $f_1 =$



$= 2f_0 = 0.1075 \text{ год}^{-1}$, $f_2 = 3f_0 = 0.1614 \text{ год}^{-1}$ и $f_3 = 4f_0 = 0.2152 \text{ год}^{-1}$, которые отмечены данными символами на рис. 1. Частота f_0 является фундаментальной для периода обращения линии узлов орбиты Луны, называемого также нодальным циклом, равного 18.6 года.

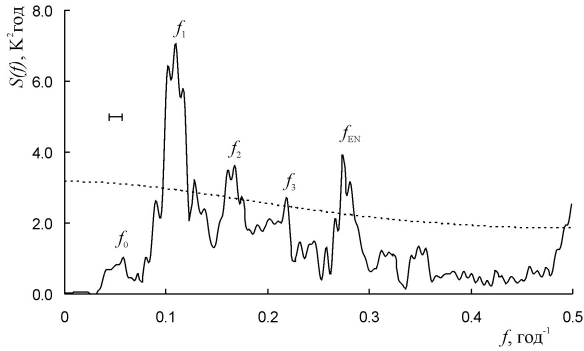


Рис. 1. Спектр мощности отклонений аномалий глобально осредненной приповерхностной температуры от 11-летнего скользящего среднего

Еще один статистически значимый пик, обозначенный на рис. 1 символом f_{EN} , связан с явлением Эль-Ниньо, оказывающим заметное влияние на глобальную температуру. Следует отметить, что наличие в изменениях $\Delta T(t)$ гармоник f_1 и f_{EN} подтверждается также независимыми исследованиями [7, 8], авторы которых использовали другие ряды данных и разные методы спектрального анализа.

Присутствие гармоник нодального цикла, совпадающего с основным периодом нутации оси вращения Земли, свидетельствует о влиянии на глобальный климат процессов, происходящих в системе Земля – Луна. В первую очередь это приливные явления. Механизм климатического воздействия приливов был предложен в работе [7] и связан с усилением приливами вертикального перемешивания вод океана. При этом холодные воды из глубины поднимаются к поверхности и вызывают уменьшение приповерхностной температуры атмосферы. Оценки энергетики процессов показали, что мощность лунно-солнечного прилива вполне достаточна для обеспечения вертикального перемешивания океана, регистрируемого по данным спутниковой альтиметрии [9]. Проявление нодального цикла,

с которым изменяется максимальная величина склонения Луны, в изменении глобальной температуры рассматривалось также в работе [10].

Информация о присутствии в изменениях аномалии температуры нодального цикла получена из анализа самого временного ряда $\Delta T(t)$ и в дальнейшем может использоваться при построении его моделей.

Модели временного ряда и данные прогноза

Наиболее простой подход к прогнозу, часто называемый линейным предсказанием [11], предполагает, что прогнозируемое значение центрального временного ряда $\Delta T(t)$, заданного равноотстоящими отсчетами, является линейной комбинацией p предшествующих значений. Другое название данного подхода – модель авторегрессии $AR(p)$ порядка p . Нами было выбрано значение $p = 20$, при котором заведомо перекрывается продолжительность лунного нодального цикла.

Для оценки параметров модели и расчета прогнозируемых значений аномалии температуры на 2019, 2020 и 2021 годы были использованы компьютерные программы из известного руководства [11]. Полученные результаты представлены в таблице. В последней строке таблицы приведены значения $\Delta T(t)$ ряда HadCRUT.4.6.0.0, опубликованные в начале 2022 года. При оценке качества прогноза в роли невязки выбрана сумма квадратов отклонений наблюдавшихся значений аномалий температуры от прогнозируемых $\Sigma(o-c)^2$. Величина невязки дана в последнем столбце таблицы.

Вторая использованная модель временного ряда $\Delta T(t)$ представляет собой комбинированную модель авторегрессии – проинтегрированного скользящего среднего $ARIMA(p, d, q)$ [12], где p – порядок авторегрессии, d – номер разности, применяемой к отсчетам ряда, а q – порядок скользящего среднего. Расчет параметров модели и прогноз аномалии температуры на три года выполнялся с помощью разработанной Р. Х. Шамвеем (Shumway) [13] компьютерной программы ASTSA. Оптимальные значения параметров, подобранные с использованием информационного критерия Акайке, оказались равными: $p = 4$, $d = 1$ и $q = 4$. Полученные результаты для модели $ARIMA(4,1,4)$ также приведены в таблице.

Прогнозируемые по разным моделям аномалии глобальной температуры, фактические значения и величины невязок

Модель	Прогноз по годам, К			Невязка $\Sigma(o-c)^2$, К ²
	2019	2020	2021	
AR(20)	0.623	0.649	0.637	0.0270
ARIMA(4,1,4)	0.679	0.727	0.745	0.0149
MLP 19–17–1	0.629	0.668	0.678	0.0225
Факт	0.736	0.768	0.645	0.0000



Качество прогноза для этой модели оказывается существенно выше по сравнению с моделью AR(20).

Третья модель прогноза $\Delta T(t)$ использует искусственную нейронную сеть (ИНС) [14]. Этот подход основан на принципах работы мозга человека так, как понимает их современная физиология. В состав ИНС входит большое число связанных друг с другом элементов, называемых нейронами или узлами, каждый из которых может совершать нелинейное преобразование принятого сигнала, описываемое его функцией активации. Выходной сигнал нейрона передается на другие узлы, причем уровень передачи регулируется весовыми коэффициентами. Число нейронов, конкретный вид их функций активации и набор весовых коэффициентов определяются при обучении ИНС, в процессе которого моделируется анализируемый временной ряд. Пройдя обучение ИНС применяется для прогноза значений ряда. В последнее время ИНС широко используются в разных исследованиях, в том числе в метеорологии и климатологии [15].

В качестве конкретного вида ИНС рассматривался многослойный перцептрон (MLP). Это один из наиболее простых подходов. К настоящему времени предложены другие, существенно более мощные варианты ИНС, характеризующиеся общим термином «глубокое обучение» (“deep learning”). Однако подобные сети требуют для обучения много тренировочных данных – большой длины временного ряда. При сравнительно малом объеме обучающей выборки, как в нашем случае, они даже могут давать худшие результаты по сравнению с простыми вариантами ИНС [14].

Мы использовали компьютерную программу автоматического поиска параметров оптимальной ИНС из известного приложения STATISTICA (версия 8.0). Она позволяет также привлечь информацию о наличии периодических составляющих в анализируемом временном ряду. При этом продолжительность нодального цикла была округлена до целого числа. В процессе подбора параметров сети варьируется число узлов и рассматриваются разные функции активации.

В результате была получена оптимальная модель MLP 19–17–1. Этот многослойный перцептрон содержит 19 входных нейронов, 17 скрытых нейронов и один выходной нейрон. В качестве функции активации скрытых нейронов используется гиперболический тангенс, а выходного нейрона – идентичность. Результаты прогноза по модели ИНС и оценка его качества также приведены в таблице.

Обсуждение результатов

Анализ данных таблицы показывает, что наилучшие результаты прогноза временного ряда $\Delta T(t)$ получаются с применением модели

ARIMA(4,1,4). Две другие модели заметно уступают ей в точности прогноза. Результаты сравнения прогноза по модели ARIMA(4,1,4) с фактическими значениями представлены на рис. 2.

Тонкой линией со светлыми кружками показаны отсчеты ряда HadCRUT.4.6.0.0 с 1850 по 2021 год, а темными кружками с вертикальными отрезками – прогнозируемые значения для трех лет. Длина вертикальных отрезков соответствует 95%-ым доверительным интервалам для математического ожидания аномалии температуры. Видно, что эти интервалы быстро растут со временем прогноза и применение данной модели к предсказаниям на время, превышающее три года, формально не имеет смысла. В то же время на трехлетнем интервале модель обеспечивает достаточно хороший прогноз. Примеры применения моделей ARIMA(p, d, q) в метеорологии и ссылки на другие работы можно найти в статье [16].

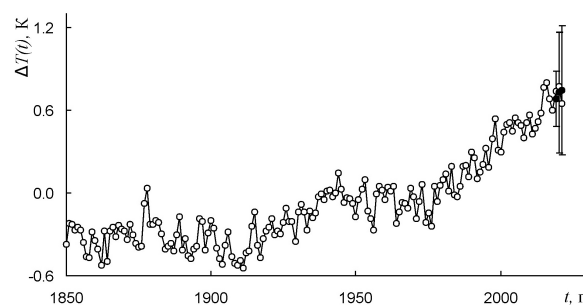


Рис. 2. Среднегодовые значения аномалии глобальной средней температуры (линия со светлыми кружками) и прогноз на три года (темные кружки с 95%-ным доверительными интервалами)

Как и можно было ожидать, при сравнении результатов простейшая модель AR(20) по точности прогноза оказывается на последнем месте. Но невысокое качество прогноза с использованием ИНС довольно неожиданно, так как она представляет собой нелинейную модель с большим числом степеней свободы. Возможно, что здесь проявляют себя сравнительно небольшая длина и нестационарность временного ряда $\Delta T(t)$. Прогноз временных рядов не самое успешное приложение ИНС, в отличие от задачи распознавания образов, при решении которой данные сети находятся вне конкуренции.

Выводы

Подход, основанный на представлении изменений глобальной температуры разными моделями временных рядов, который не использует никакой другой информации, кроме той, что содержится в самом анализируемом ряду, позволяет осуществлять прогноз на два-три интервала отсчета. Наилучшие результаты прогноза на три года получены при использовании модели авторегрессии – проинтегрированного скользящего среднего ARIMA(4,1,4).



Ряд аномалии глобально осредненной приповерхностной температуры не является стационарным и содержит периодическую составляющую лунного нодального цикла в 18.6 года. Он представляет собой типичный временной ряд, встречающийся в метеорологии и климатологии. Поэтому можно ожидать, что применение подобных моделей позволит прогнозировать изменение и других характеристик погоды и климата.

Библиографический список

1. Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change / eds. V. P. Masson-Delmotte [et al.]. URL: <https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-working-group-i/> (дата обращения: 25.07.22).
2. Дымников В. П., Лыкосов В. Н., Володин Е. М. Моделирование климата и его изменений : современные проблемы // Вестник РАН. 2012. Т. 82, № 3. С. 227–336.
3. Переведенцев Ю. П., Вильфанд Р. М., Шанталинский К. М., Гурьянов В. В., Николаев А. А., Исмаилов Н. В. Мониторинг и прогнозирование климатической изменчивости на территории Приволжского федерального округа // Гидрометеорологические исследования и прогнозы. 2019. № 1 (371). С. 67–94.
4. Шерстюков Б. Г. Колебательная система климата, резонансы, дальние связи, прогнозы. Обнинск : ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД», 2021. 222 с.
5. Morice C. P., Kennedy J. J., Rayner N. A., Jones P. D. Quantifying uncertainties in global and regional temperature change using an ensemble of observational estimates: The HadCRUT4 dataset // Journal of Geophysical Research. 2012. Vol. 117. D08101. <https://doi.org/10.1029/2011JD017187>
6. Ghil M., Allen M. R., Dettinger M. D., Ide K., Kondrashov D., Mann M.E., Robertson A. W., Saunders A.,

Tian Y., Varadi F., Yiou P. Advanced spectral methods for climatic time series // Rev. Geophys. 2002. Vol. 40. 3.1–3.41. <https://doi.org/10.1029/2000RG000092>

7. Keeling C. D., Whorf T. P. Possible forcing of global temperature by the oceanic tides // Proc. National Acad. Sci. USA. 1997. Vol. 94. P. 8321–8328.

8. Scafetta N. Reconstruction of the Interannual to Millennial Scale Patterns of the Global Surface Temperature // Atmosphere. 2021. Vol. 12. P. 147.

9. Munk W. H., Wunsch C. Abyssal recipes II: Energetics of tidal and wind mixing // Deep-Sea Res. 1998. Vol. 45. P. 1977–2010.

10. Ray R. D. Decadal Climate Variability: Is There a Tidal Connection? // Journal of Climate. 2007. Vol. 20. P. 3542–3560.

11. Press W. H., Teukolsky S. A., Vetterling W. T., Flannery B. P. Numerical Recipes in Fortran 77. The Art of Scientific Computing. Cambridge : Press Syndicate of the University of Cambridge, 1997. 1004 p.

12. Бокс Д., Дженкинс Г. Анализ временных рядов. Прогноз и управление : в 2 выпусках. Вып. 1. Москва : Мир, 1974. 406 с.

13. Shumway R. H., Stoffer D. S. Time Series Analysis and Its Applications. New York : Springer Verlag, 2000. 549 p.

14. Аггарвал Ч. Нейронные сети и глубокое обучение : учебный курс. Санкт-Петербург : ООО «Диалектика», 2020. 752 с.

15. Tran T. T. K., Bateni S. M., Ki S. J., Vosoughifar H. A Review of Neural Networks for Air Temperature Forecasting // Water. 2021. Vol. 13. 1294 p. <https://doi.org/10.3390/w13091294>

16. Lai Y., Dzombak D. A. Use of the Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA) Model to Forecast Near-Term Regional Temperature and Precipitation // Weather and Forecasting. 2020. Vol. 35, iss. 3. P. 959–976.

Поступила в редакцию 15.08.2022; одобрена после рецензирования 30.08.2022; принята к публикации 01.09.2022
The article was submitted 15.08.2022; approved after reviewing 30.08.2022; accepted for publication 01.09.2022



Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2022. Т. 22, вып. 4. С. 235–242

Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences, 2022, vol. 22, iss. 4, pp. 235–242

<https://geo.sgu.ru>

<https://doi.org/10.18500/1819-7663-2022-22-4-235-242>, EDN: JLHVCI

Научная статья

УДК 556:556.153:550.423



Исследование пространственного распределения элементов в системе «вода – донные отложения» ручья Узынбулак Семипалатинского испытательного полигона

Н. Ж. Мухамедияров¹✉, С. В. Макарычев², В. В. Колбин¹, М. Т. Дюсембаева¹, Е. З. Шакенов¹, Г. М. Есильканов¹, А. Е. Темиржанова¹, А. Ж. Ташекова¹, М. А. Умаров¹

¹Институт Радиационной Безопасности и Экологии, Республика Казахстан, область Абай, г. Курчатова, 071100, Бейбіт атом 2

²Алтайский государственный аграрный университет, Россия, Сибирский федеральный округ, Алтайский край, 656049, г. Барнаул, проспект Красноармейский, д. 98

Мухамедияров Нурлан Жумагазыевич, ведущий инженер лаборатории элементного анализа, mukhamediyarov@nnc.kz, <https://orcid.org/0000-0001-5073-5978>

Макарычев Сергей Владимирович, доктор биологических наук, профессор, makarychev1949@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3344-3943>

Колбин Владимир Валерьевич, инженер лаборатории элементного анализа, kolbin@nnc.kz, <https://orcid.org/0000-0003-0447-1187>

Дюсембаева Мадина Талгатовна, доктор Ph.D., начальник лаборатории элементного анализа, koigeldinova@nnc.kz

Шакенов Ербол Зейнелгазинович, инженер лаборатории элементного анализа, shakenov@nnc.kz, <https://orcid.org/0000-0002-5707-8955>

Есильканов Гани Мухтарович, инженер лаборатории элементного анализа, yessilkanov@nnc.kz, <https://orcid.org/0000-0001-6834-2312>

Темиржанова Арай Ермековна, инженер лаборатории элементного анализа, temirzhanova@nnc.kz, <https://orcid.org/0000-0003-2820-2731>

Ташекова Ажар Жумановна, доктор PhD, начальник группы разработки и аттестации стандартных образцов, Esenzholova@nnc.kz, <https://orcid.org/0000-0002-2367-6498>

Умаров Мурат Алпыспаевич, кандидат химических наук, начальник отдела аналитических исследований, Umarov@nnc.kz, <https://orcid.org/0000-0002-4817-1242>

Аннотация. Представлены результаты изучения особенностей пространственного распределения макро- и микроэлементов в системе «вода – донные отложения» в русле ручья Узынбулак (площадка «Дегелен» Семипалатинского испытательного полигона (СИП), Казахстан). Исследования проводились в летний период 2015 г. По данным исследований состава химических элементов в поверхностных водах и донных отложениях ручья Узынбулак, было определено содержание Li, Be, Na, Mg, K, Ca, V, Ni, Mo, Fe, Sr, Al, Zn, Ba, La, Ce, U. Определен характер происхождения и основные факторы, обуславливающие повышенное содержание ряда исследуемых элементов. Рассмотрены основные механизмы формирования элементного состава в поверхностных водах, степень распространения элементов, превышающих ПДК, за пределы площадки «Дегелен».

Ключевые слова: химические элементы, вода, донные отложения, пространственное распределение, аккумуляция, Узынбулак, Дегелен

Для цитирования: Мухамедияров Н. Ж., Макарычев С. В., Колбин В. В., Дюсембаева М. Т., Шакенов Е. З., Есильканов Г. М., Темиржанова А. Е., Ташекова А. Ж., Умаров М. А. Исследование пространственного распределения элементов в системе «вода – донные отложения» ручья Узынбулак Семипалатинского испытательного полигона // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2022. Т. 22, вып. 4. С. 235–242. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2022-22-4-235-242>, EDN: JLHVCI

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

Article

Study of spatial distribution of elements in the system “water – bottom sediments” of the Uzynbulak creek of the Semipalatinsk test site

N. Zh. Mukhamediyarov¹✉, S. V. Makarychev², V. V. Kolbin¹, M. T. Dyussebayeva¹, E. Z. Shakenov¹, G. M. Yessilkanov¹, A. E. Temirzhanova¹, A. Zh. Tashkova¹, M. A. Umarov¹

¹Institute of Radiation Safety and Ecology, 2 Beibit Atom St., Kurchatov 071100, Kazakhstan

²The Altai State Agricultural University, 98 Krasnoarmeyskiy Av., Barnaul 656049, Russia

Nurlan Zh. Mukhamediyarov, mukhamediyarov@nnc.kz, <https://orcid.org/0000-0001-5073-5978>

Sergey V. Makarychev, makarychev1949@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3344-3943>

Vladimir V. Kolbin, kolbin@nnc.kz, <https://orcid.org/0000-0003-0447-1187>

Madina T. Dyussebayeva, koigeldinova@nnc.kz

© Мухамедияров Н. Ж., Макарычев С. В., Колбин В. В., Дюсембаева М. Т., Шакенов Е. З., Есильканов Г. М., Темиржанова А. Е., Ташекова А. Ж., Умаров М. А., 2022



Erbol Z. Shakenov, shakenov@nnc.kz, <https://orcid.org/0000-0002-5707-8955>
Gani M. Yessilkanov, yessilkanov@nnc.kz, <https://orcid.org/0000-0001-6834-2312>
Aray E. Temirzhanova, temirzhanova@nnc.kz, <https://orcid.org/0000-0003-2820-2731>
Azhar Zh. Tashekova, Esenzholova@nnc.kz, <https://orcid.org/0000-0002-2367-6498>
Murat A. Umarov, Umarov@nnc.kz, <https://orcid.org/0000-0002-4817-1242>

Abstract. The results of studying the features of the spatial distribution of macro- and microelements in the “water – bottom sediments” system in the channel of the Uzynbulak creek (“Degelen” site of the Semipalatinsk test site, Kazakhstan) are presented. The studies were carried out in the summer of 2015. As a result of the study of the chemical composition in surface waters and bottom sediments of the Uzynbulak creek, the content of Li, Be, Na, Mg, K, Ca, V, Ni, Mo, Fe, Sr, Al, Zn, Ba, La, Ce, U was revealed. The nature of the origin and the main factors determining the increased content of a number of the studied elements have been determined. The main mechanisms of the formation of the elemental composition in surface waters, the degree of spreading of elements exceeding the MPC (maximum permissible concentration) beyond the “Degelen” site are considered.

Keywords: chemical elements, water, bottom sediments, spatial distribution, accumulation, Uzynbulak, Degelen

For citation: Mukhamediyarov N. Zh., Makarychev S. V., Kolbin V. V., Dyussebayeva M. T., Shakenov E. Z., Yessilkanov G. M., Temirzhanova A. E., Tashekova A. Zh., Umarov M. A. Study of spatial distribution of elements in the system “water – bottom sediments” of the Uzynbulak creek of the Semipalatinsk test site. *Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences*, 2022, vol. 22, iss. 4, pp. 235–242 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2022-22-4-235-242>, EDN: JLHVCI

This is an open access article distributed under the terms of Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC0-BY 4.0)

Введение. Характеристика объекта исследований

Ручей Узынбулак является наиболее крупным водотоком на территории горного массива Дегелен Семипалатинского испытательного полигона, его местоположение приурочено к крупному тектоническому разлому. На одноименной площадке проводились подземные ядерные испытания.

Общий механизм формирования поверхностного стока ручьев горного массива Дегелен характеризуется накоплением атмосферных осадков в естественных полостях и влиянием грунтовых вод. Дополнительной ключевой особенностью данной территории также является наличие техногенных полостей, сформированных в результате проведения подземных ядерных испытаний. При достижении определенного объема водотоки выходят из полостей на дневную поверхность. Водосборные ручьи из разных штолен и долин впадают в общий поток [1] долины ручья Узынбулак протяженностью около 20 км и разделяющей массив по линии юго-северо-запад. Русло ручья прослеживается и за пределами площадки «Дегелен».

В летний и осенний периоды наблюдается сезонное пересыхание ручья Узынбулак. Так, на участке от истока до 9 км ручей распадается на отдельные плесы. С 9-го км до границы площадки «Дегелен» (18 км от истока) ручей не пересыхает, а на остальной его части наблюдается сезонное уменьшение расхода воды.

К самому ручью и его притокам примыкают около 50 штолен. Данная особенность делает водоток аккумулятором продуктов выветривания самого горного массива, но, кроме того, в него попадают стоки из штолен с водопроявлениями [1]. Характерной особенностью ручья также является наличие поровых и трещинных подземных вод. Таким образом, данный водоем является значимым индикатором геохимической обста-

новки на этой территории, а также источником возможного выноса токсичных, тяжелых и радиоактивных элементов за пределы испытательного полигона. Ручей Узынбулак входит в акваторию левобережья р. Иртыш, главной водной артерии региона, поэтому фактор переноса и распределения химических веществ имеет большое значение. Территория СИП, помимо техногенно-обусловленных участков с повышенными концентрациями химических элементов, характеризуется разными рудопроявлениями и локальными областями накопления тяжелых металлов и загрязняющих веществ, которые под воздействием механизмов переноса и распределения представляют потенциальную угрозу населению и экологической обстановке на прилегающих территориях. Согласно данным опубликованных исследований [2], вода ручья Узынбулак характеризуется значительным превышением ПДК по бериллию и урану. Концентрации Li, Na, Be, Ca, K, Sr, Mo, U выше среднемировых показателей.

Для геохимических типов вод характерно единство процессов аккумуляции химических соединений, что обеспечивает однородность формирования гидрогеохимических совокупностей и позволяет производить оценку уровней концентрации химических элементов на разных этапах взаимодействия вод с горными породами [3]. При этом наблюдается обогащение вод химическими элементами. Характер водообмена показывает интенсивность данных преобразований, в той же мере, как и стадия взаимодействия в системе «вода – порода» [4–6].

Следует также отметить, что донные отложения могут служить источником вторичного загрязнения водной экосистемы [7], что свидетельствует об актуальности изучения миграции тяжелых металлов в системе «вода – донные отложения».



Для поверхностных вод ручья Узынбулак характерна средняя минерализация 0,25 г/л. Воды являются пресными, сульфатно-кальциевого состава. Концентрация исследуемых макрокомпонентов воды не превышает предельно допустимой концентрации (ПДК) вредных веществ в объектах хозяйственно-питьевого водоснабжения и мест культурно-бытового водопользования [8].

Цель исследования

Целью проведенных исследований являлось изучение пространственного распределения элементов в воде и донных отложениях для выявления процессов переноса микро- и макрокомпонентов по руслу ручья Узынбулак. Основные поставленные задачи включали в себя оценку механизмов формирования элементного состава поверхностных вод, их потенциального влияния на окружающую среду, а также оценку процесса перехода исследуемых элементов в системе «вода – донные отложения».

Материалы и методы

Отбор проб производился от истока ручья вниз по течению на дистанцию в 23 км. Расстояние между точками составило 500 м, а на отрезке от 9-го до 13-го – 250 м. Проводился сопряженный отбор проб воды и донных отложений в летний период. Данный метод отбора способствовал оценке пространственного распределения и процессов миграции элементов по руслу ручья.

Отбор проб с последующим консервированием воды осуществлялся в соответствии с ГОСТ Р 51592-2003 [9, 10]. На месте отбора проводились фильтрование (бумажный фильтр – «синяя лента») и консервация с использованием концентрированной HNO_3 . Отбор проб донных отложений осуществлялся в соответствии с ГОСТ 17.1.5.01 методом укола на глубину 0–5 см на площади 100 см² [11]. Проводились высушивание и взятие образца методом квартования с последующим поэтапным истиранием на дисковой мельнице.

Последующая пробоподготовка образцов донных отложений включала в себя приготовление выщелатов с помощью автоклавирования, центрифугирования и разбавления. Проанализирована только фракция, которая перешла в жидкость, поэтому анализ не дает представления о полном валовом составе элементов в данных образцах.

В исследовании применялись методы масс-спектрометрии (ИСП-МС, Elan 9000) и атомно-эмиссионной спектроскопии (ИСП-АЭС, iCAP 6300 Duo) с индуктивно-связанной плазмой. Для градуировки приборов использовались многоэлементные стандартные растворы (номера в реестре ГСИ РК KZ.03.02.00901-2010, KZ.03.02.00902-2010). Для контроля качества использовались растворы с аттестованной концентрацией.

Анализ проведен согласно методике ISO 17294–22003 (E) [12]. Полученный экспериментальный материал обработан с использованием программ STATISTICA и Microsoft Excel.

Результаты и их обсуждение

Для исследования пространственного распределения элементов в системе «вода – донные отложения» ручья Узынбулак было проанализировано содержание элементов, согласно следующему ряду: Li, Be, Na, Mg, K, Ca, Mn, Co, V, Ni, Cu, Mo, Fe, Rb, Sr, Al, Zn, Ba, La, Ce, Pb, U. Результаты измерений представлены в таблице.

Из таблицы видно, что диапазон концентрации элементов в пробах воды варьируется в широких пределах от $n \times 10^{-2}$ мкг/л (V, Pb и легкие редкоземельные элементы (РЗЭ)) до $n \times 10^5$ мкг/л (Na, K, Mg и Ca). В соответствии с [13] наблюдается превышение среднего содержания Li, Be, Na, K, Ca, Sr, Mo и U в речных водах. Для средних значений содержания вышеуказанных элементов превышения значений ПДК не обнаружено.

Полученные данные по химическому составу донных отложений указывают на обогащение пород, слагающих долину ручья Узынбулак такими элементами, как Be, Mg, Cr, Zn, Pb и U. Их среднее содержание в несколько раз превышает кларковые значения в почвах мира. Пространственное распределение макроэлементов представлено на рис. 1.

Содержание K, Ca, Mg в системе «вода – донные отложения» практически одинаково на протяжении всего русла. Концентрация Na в осадочных породах при этом постепенно снижается, но в растворенной форме она постоянно растет. Всплески концентрации макрокомпонентов на 5-ом и 11-ом км наблюдались и в воде, и в донных отложениях. Обратная картина прослеживалась при исследовании V и Ni, поведение которых представлено на рис. 2.

Высокое содержание V и Ni в поверхностных водах ручья на 11-ом км объясняется вымыванием элементов из донных отложений, которые были привнесены и адсорбированы на данном участке в период весеннего половодья.

Пространственное распределение Li и Mo в системе «вода – донные отложения» в летний период представлено на рис. 3.

Высокое содержание Li в донных отложениях наблюдается на протяжении всего русла (рис. 3). Высокая концентрация Mo зафиксирована на 5-ом км и на участке от 9 до 12-го км. Высокое содержания этих элементов в донных отложениях может оказывать вторичное загрязнение поверхностных вод ручья Узынбулак в процессе десорбции при изменении физико-химических условий.

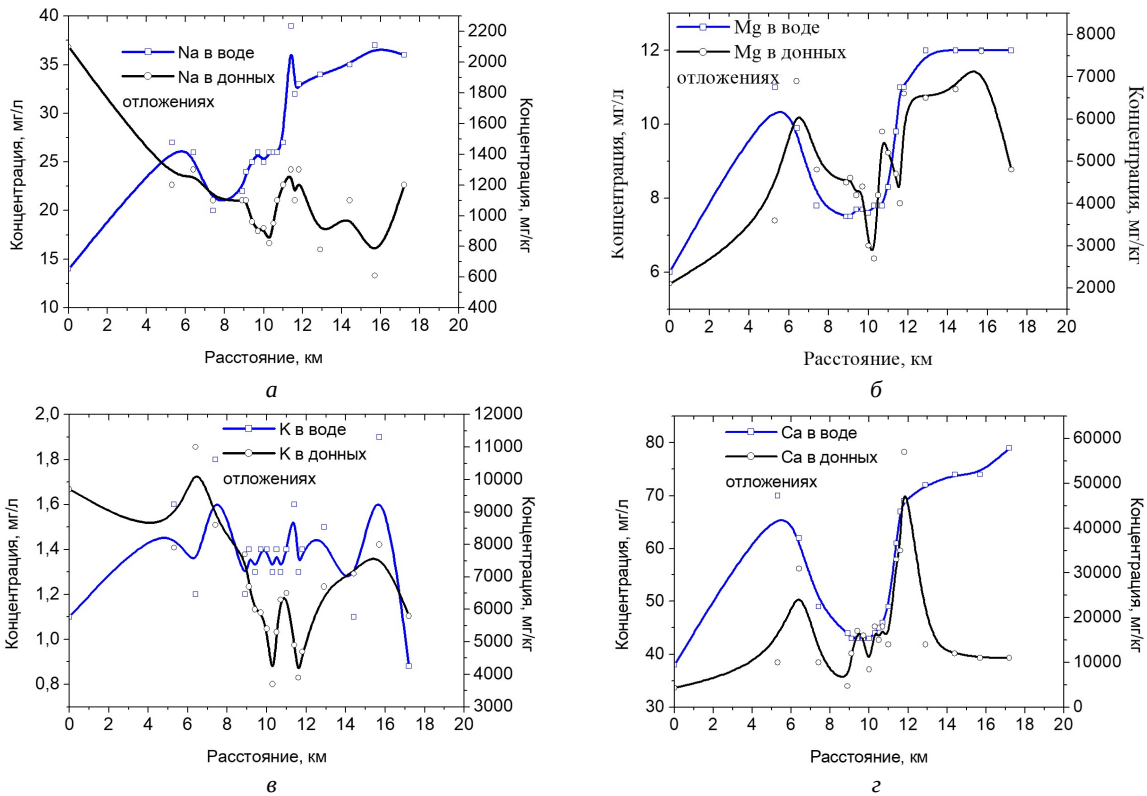


Рис. 1. Содержание Na (а), Mg (б), K (в) и Ca (г) в системе «вода – донные отложения» ручья Узынбулак в летний период

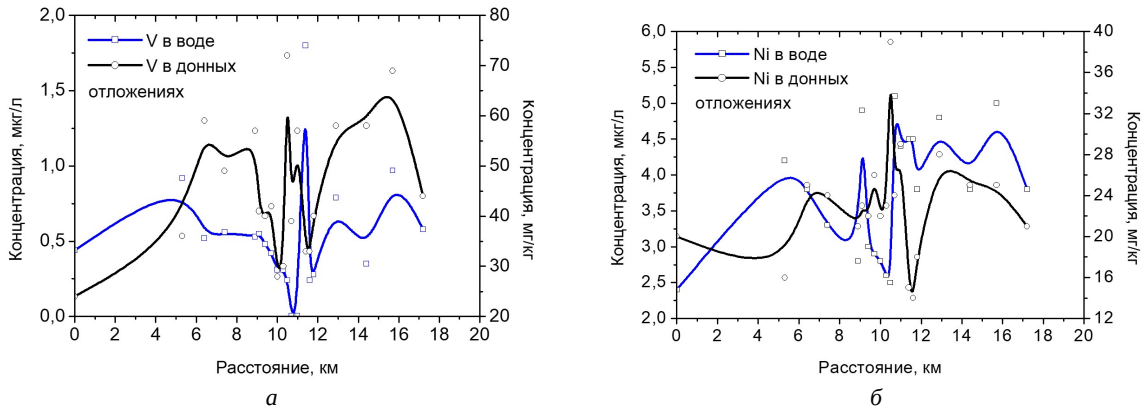


Рис. 2. Содержание V (а), Ni (б) в системе «вода – донные отложения» ручья Узынбулак в летний период

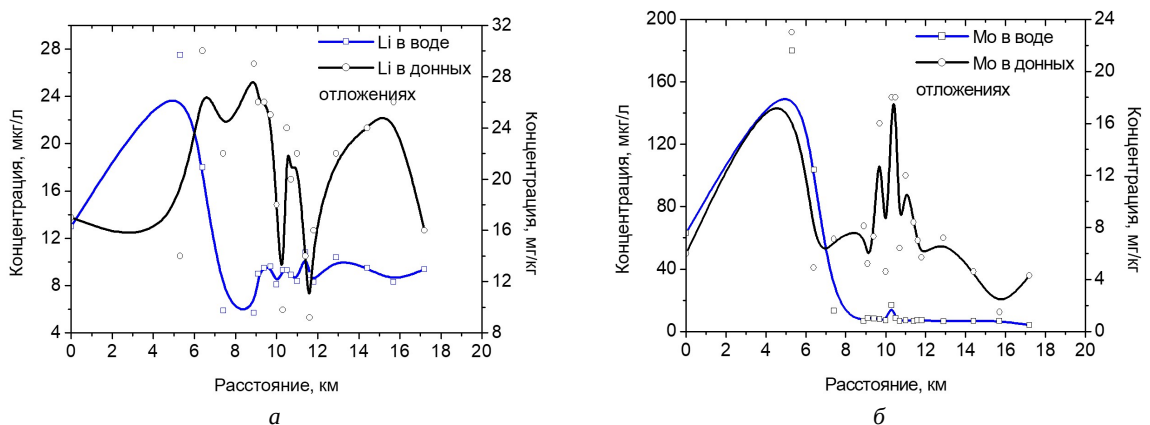


Рис. 3. Содержание Li (а), Mo (б) в системе «вода – донные отложения» ручья Узынбулак в летний период



**Медиана и пределы колебаний химических элементов в поверхностных водах и донных отложениях
ручья Узынбулак**

Элемент*	Ме (вода, мкг/л) min – max	Ме (донные отложения, мг/кг) min – max	Речные воды [4]	Эталонная пресная вода (reference freshwater) [14]	ПДК для воды [13, 15]	Кларк в почвах мира [16]	ПДК [16]
Li	9,2 0,4–28	22 9,2–30	4,6	3	30	32	–
Be	2,8 0,015–6,1	24 1,7–52	0,2	0,1	0,2	6	50
Na	26000 11000–39000	1100 610–2100	8700	5000	200000	25000	–
Mg	7800 5400–12000	4600 2100–7600	13000	4000	20000	1200	–
Al	110 52–780	18000 7200–29000	480	200	500	4800	–
K	1400 880–29000	6600 3700–11000	1440	2000	–	25000	–
Ca	48000 36000–79000	13000 4300–57000	29000	2000	–	29600	–
V	0,46 0,005–1,8	43 24–72	2	1	100	90	150
Mn	38 17–85	480 120–5700	45	5	500	1000	1500
Fe	200 110–430	17000 9300–37000	391	500	1000	46500	–
Co	0,17 0,1–0,37	8 3,6–16	2	0,5	100	18	100
Ni	3,8 2,4–5,1	23 14–39	5,5	0,3	100	58	100
Cu	1,1 0,7–3	24 15–41	11,4	3	1000	47	100
Zn	55 9–200	220 47–2100	73,6	5	5000	83	300
Rb	0,76 0,36–1	35 14–51	3	1	100	150	–
Sr	240 160–380	120 23–280	211	50	7000	340	–
Mo	7,2 4,2–180	6,7 1,5–23	1,3	1	250	20	–
Ba	32 19–39	200 74–400	34,9	10	100	500	–
La	0,07 0,005–0,25	28 8,2–73	0,11	0,3	–	29	–
Ce	0,53 0,05–1,1	50 16–120	1,4	0,4	–	70	–
Pb	0,30 0,005–1,1	22 12–33	6	3	30	16	32
U	12 0,5–62	14 2,8–540	3	0,1	30**	2,5	–

Примечание. *Для каждого элемента подсчитывались основные параметры распределения химических элементов: медиана (Ме), минимальное (min) и максимальное (max) значения; **норматив предельно допустимой концентрации U в воде, согласно ВОЗ [15].



Пространственное распределение Be в системе «вода – донные отложения» в летний период представлено на рис. 4.

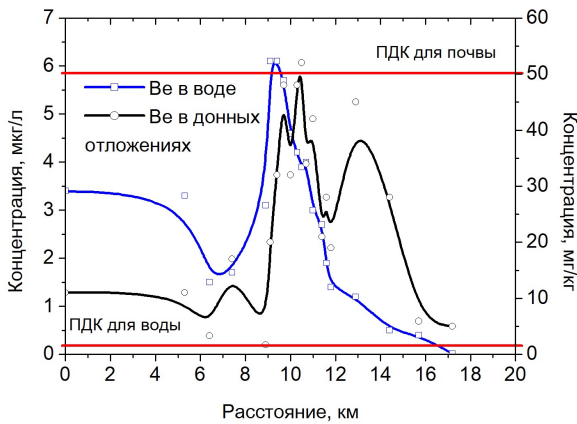


Рис. 4. Содержание Be в системе «вода – донные отложения» ручья Узынбулак в летний период

На данном графике видно, что на участках с высокой концентрацией бериллия в воде наблюдается процесс накопления данного элемента в донных отложениях, начиная с истока ручья и на протяжении всего русла. При этом пик содержания бериллия в донных отложениях смещен относительно пика концентрации данного элемента в воде, обусловленного влиянием штольневых вод [17]. Механизм поведения бериллия в воде таков, что данный элемент не сразу осаждается в донных отложениях, а мигрирует вниз по течению и активно сорбируется донными отложениями. Направленность миграции микрокомпонентов зависит не только от химических особенностей элементов, но и от физико-химических свойств донных отложений.

Особую роль в адсорбции тяжелых металлов играет гумус, тонко пылеватая и илистая фракция. Известно, что с удалением от верховьев ручья Узынбулак на участке с 9 по 13-й км в несколько раз наблюдается увеличение содержания тонкопылевой и илистой фракции. Содержание органического вещества на данном отрезке обусловлено наличием обилия растительности, которая является источником поступления гумуса [1]. Максимальная концентрация бериллия в донных отложениях находится на уровне 1,0 ПДК.

Для урана наблюдается аналогичная картина (рис. 5). Отмечается смещение пиковой концентрации урана в донных отложениях относительно его содержания в воде на 2 км, которая проявляется на 9-ом км от истока. Вероятно, это связано с высокой миграционной подвижностью в нейтральной среде данного элемента [17]. Согласно исследованиям штольневых вод [18], проведенным в 2010 г. и 2011 г., содержание в них урана находится на очень высоком уровне, в частности в штольне № 104 измеренная концентрация урана

достигала 2000 мг/л. Соответственно водопроявления штольни могли оказать прямое влияние на содержание урана в русле ручья Узынбулак.

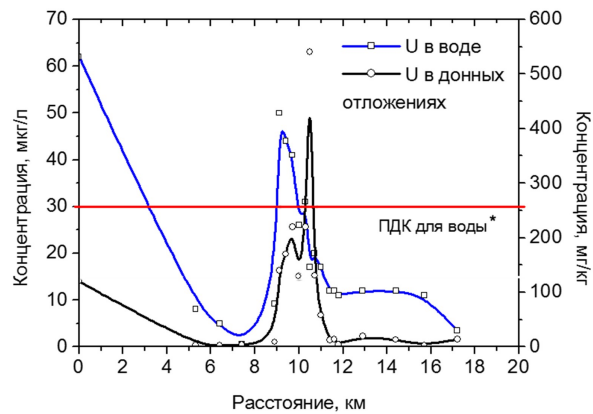


Рис. 5. Содержание U в системе «вода – донные отложения» ручья Узынбулак (летний период); *норматив предельно допустимой концентрации U в воде согласно ВОЗ [17]

Выявлены anomalно высокая концентрация бериллия и урана у истока ручья Узынбулак, а также всплески пиковой концентрации данных элементов на участке 9–10,5 км от истока. Не наблюдалось выноса данных элементов за границу площадки «Дегелен», превышающих уровень ПДК. В целом распределение бериллия и урана по руслу ручья Узынбулак связано с механизмом сорбции и десорбции в системе «вода – донные отложения». Увеличение концентрации данных элементов в поверхностных водах ручья связано с влиянием штольневых вод. Депонирование в донных отложениях связано с механизмом сорбции Be и U из воды ручья.

На пространственное распределение химических элементов в системе «вода – донные отложения» ручья Узынбулак оказывают влияние следующие параметры:

- 1) испарительное концентрирование;
- 2) разный химический состав источников природных вод, обеспечивающих поступление элементов:

- разнообразие состава поверхностных водотоков;
- подток подземных вод;

- 3) процессы сорбции и десорбции в системе «вода – донные отложения»:

- процессы депонирования элементов в системе «вода – донные отложения»;
- вымывание элементов из донных отложений.

Перечисленные факторы играют особую роль в формировании элементного состава ручья. Рассматривая их более детально на примере летнего периода, можно сделать ряд предположений о влиянии каждого механизма.

Испарительное концентрирование. На 5-м км всплески концентраций щелочноземельных элементов (увеличение концентрации стронция



(в 1,5 раза), бария (в 2 раза)) и ряда других элементов (V, Ni и др.) в воде можно объяснить механизмом испарительного концентрирования, так как данный участок характеризуется отсутствием постоянного поверхностного стока. Сезонное пересыхание русла характерно для всех ручьев горного массива Дегелен [1].

Поступление элементов из разных поверхностных водотоков с иным химическим составом. Выявлены всплески концентрации ряда элементов на 9-ом и 13-ом км вдоль по руслу в летний период. Так, концентрация Al здесь превышала среднее значение по руслу в 7 и 3 раза соответственно, до 780 мкг/л. На 9-ом км от истока установлено повышенное содержание следующих элементов: Be (в 2 раза), до 6,1 мкг/л, Zn и U (в 4 раза), до 200 и 62 мкг/л соответственно. На 13-ом км зафиксирован всплеск концентрации La и Ce относительно их среднего содержания по руслу. Возможно, привнос элементов обусловлен поступлением вод с иным химическим составом. В частности, в работе [19] исследовано содержание химических элементов в воде водотоков штолен горного массива Дегелен, согласно которому содержание Be в штольневых водах может достигать 270 мкг/л, в десятки и сотни раз превышая средний состав подземных вод и уровни ПДК для питьевой воды. В штольне № 104, наиболее близкой к руслу ручья из числа изученных, обнаруженное содержание Be составило 5,7 мкг/л. Содержание Zn в штольневых водах также выше среднего уровня подземных вод, хоть и остается в пределах ПДК. По урану же характерна значительная концентрация на уровне 2–4 мг/л практически во всех изученных штольнях, что также свидетельствует в пользу фактора поступления элементов из штольневых вод.

О возможном притоке вод с иным химическим составом свидетельствует поведение щелочноземельных элементов на 11-ом км от истока ручья. Концентрация Ba в летнее время практически не изменяется к устью ручья, что свидетельствует об ином механизме появления повышенного содержания Sr в воде, а именно о возможном дополнительном притоке. Предполагается, что поверхностные воды ручья на данных участках получают подпитку грунтовыми водами.

Участок на протяжении от 2,5 до 7,5 км интересен тем, что здесь ручей разбивается на отдельные водоемы-плесы, в которых отмечается высокое содержание Li (28 мкг/л) и Mo (180 мкг/л). В ходе детальных полевых обследований вверх по течению в весенний период на данном участке были обнаружены поверхностные водопроявления в районе штольни № 177 с высоким содержанием исследуемых элементов [19]. Предположительно во время весеннего интенсивного снеготаяния возможен их разлив на дальние расстояния в районе штольни № 177 в основное русло ручья Узынбулак.

Подток подземных вод с иным окислительно-восстановительным потенциалом. Особое внимание следует обратить на значения ОВП среды миграции. В воде ручья Узынбулак значение ОВП колеблется по всему руслу от –44 до +51 мВ. ОВП воды характеризует соотношение окисленных и восстановленных форм всех содержащихся в ней элементов переменной валентности. В восстановительных (бескислородных) водах ионы железа находятся в форме Fe^{2+} , что, в свою очередь, определяет возможность их миграции в ручье. И наоборот, в воде, содержащей кислород, железо находится в форме Fe^{3+} , образуя труднорастворимые минералы.

На основе оценки поведения Fe в зависимости от ОВП ручья Узынбулак в летний период видно, что железо резко реагирует на изменение ОВП. Вероятно, повышенное содержание данного элемента в воде связано с его вымыванием из донных отложений вследствие подтока подземных вод с иным ОВП. Так, при понижении Eh (–55) увеличение концентрации Fe в несколько раз выше его относительно среднего содержания. В восстановительных (бескислородных) водах ионы железа находятся в форме Fe^{2+} , что, в свою очередь, определяет возможность их миграции в ручье. И наоборот, в воде, содержащей кислород, железо находится в форме Fe^{3+} , образуя труднорастворимые минералы [20].

Выводы

На пространственное распределение химических элементов в системе «вода – донные отложения» ручья Узынбулак оказывают влияние следующие параметры:

- 1) испарительное концентрирование;
- 2) различный химический состав источников природных вод, обеспечивающих поступление элементов;
- 3) процессы сорбции и десорбции в системе «вода – донные отложения».

Определен перечень элементов с высокой концентрацией в поверхностных водах и донных отложениях ручья Узынбулак. Не наблюдалось выноса Be и U, превышающих уровень ПДК, за границу площадки «Дегелен». Так, концентрация Be в воде достигала 2,8 мкг/л – в 14 раз выше ПДК, в донных отложениях – 24 мг/кг, что в 4 раза выше кларка в почвах. Наблюдается отдельное превышение урана в воде, достигающее двукратного значения относительно нормативов ВОЗ. Высокое содержание исследуемых элементов имело естественное происхождение и было обусловлено геохимическим фоном горного массива Дегелен.

Библиографический список

1. Паницкий А. В., Магашева Р. Ю., Лукашенко С. Н. Характерные особенности радиоактивного загрязнения



- компонентов природной среды экосистем водотоков штолен горного массива «Дегелен» // Актуальные вопросы радиоэкологии Казахстана. Сборник трудов Института радиационной безопасности и экологии за 2007–2009 гг. Курчагов : Институт радиационной безопасности и экологии РГП НЯЦ РК, 2010. Вып. 2. С. 57–102.
2. Лукашенко С. Н., Мухамедияров Н. Ж., Койгельдинова М. Т., Макарычев С. В., Ташекова А. Ж. Общая характеристика физико-химических свойств и элементный состав поверхностных вод ручья Узынбулак // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2016. № 12 (146). С. 74–80.
 3. Гусева Н. В., Копылова Ю. Г., Солдатова Е. А. Подвижность химических элементов в системе вода–донные отложения // Известия Томского политехнического университета. Геохимия. 2013. Т. 323, № 1. С. 45–51.
 4. Шварцев С. Л. Гидрогеохимия зоны гипергенеза. 2-е издание, исправленное и дополненное. Москва : Недра, 1998. 366 с.
 5. Алексеев В. А., Рыженко Б. Н., Шварцев С. Л., Зверев В. П., Букаты М. Б., Мироненко М. В., Чарыкова М. В., Чудаев О. В. Геологическая эволюция и самоорганизация системы вода–порода : в 5 томах / ответственный редактор тома С. Л. Шварцев ; Объединенный институт геологии, геофизики и минералогии имени А. А. Трофимука СО РАН. Новосибирск : Издательство СО РАН, 2005. Т. 1. Система вода–порода в земной коре : взаимодействие, кинетика, равновесие, моделирование. 244 с.
 6. Шварцев С. Л., Рыженко Б. Н., Алексеев В. А., Дутова Е. М., Кондратьева И. А., Копылова Ю. Г., Лепкурова О. Е. Геологическая эволюция и самоорганизация системы вода–порода : в 5 томах / ответственный редактор тома Б. Н. Рыженко ; Институт нефтегазово геологии и геофизики имени А. А. Трофимука СО РАН. Новосибирск : Издательство СО РАН, 2007. Т. 2. Система вода–порода в условиях зоны гипергенеза. 389 с.
 7. Беззапонная О. В. К вопросу об оценке самоочищающей способности водных объектов от соединений тяжёлых металлов // Водное хозяйство России : проблемы, технологии, управление. 2002. Т. 4, № 3. С. 280–288.
 8. Санитарные правила «Санитарно-эпидемиологические требования к водоемочникам, местам водозабора для хозяйственно-питьевых целей, хозяйственно-питьевому водоснабжению и местам культурно-бытового водопользования и безопасности водных объектов», утвержденные приказом № 209 Министра национальной экономики РК 16.03.2015 г. № 209. URL: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V1500010774> (дата обращения: 15.05.2022).
 9. ҚР СТ РК ГОСТ Р 51592-2003 «Вода. Общие требования к отбору проб». Введ. 2005-01-01. Астана : Госстандарт РК, 2003. 58 с.
 10. Отбор проб объектов окружающей среды и биосубстратов для элементного анализа: рабочая инструкция (РИ 03-02-07 (А)): утвержденная руководителем филиала ИРБЭ РГП НЯЦ РК 29.07.2015. Курчагов : ИРБЭ НЯЦ РК, 2015. 18 с.
 11. Энерглин У., Брили Л. Аналитическая геохимия / под редакцией В. В. Щербины ; перевод с английского Н. П. Попова [и др.]. Ленинград : Недра, 1975. 296 с.
 12. СТ РК ИСО 17294-2-2006 Качество воды. Применение масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (ИСП-МС) : в 2 частях. Ч. 2. Определение 62 элементов : Введ. 2007-07-01. Астана : Госстандарт РК, 2006. 22 с.
 13. МУ 2.1.4.682–97. Методические указания по внедрению и применению Санитарных правил норм СанПиН 2.1.4.559-96 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества; утвержденные решением Госкомсанэпиднадзора РФ от 20 декабря 1997 г. 66 с. Инф. система «Параграф». URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4294851/4294851443.pdf> (дата обращения: 15.05.2022).
 14. Markert B. Inorganic chemical fingerprinting of the environment: “reference freshwater” – a useful tool for comparison and harmonization of analytical data in freshwater chemistry // Fresenius Journal of Analytical Chemistry. 1994. Vol. 349, № 10. P. 697–702.
 15. Kloke A. Richtwerte’80. Orientierungsdaten für tolerierbare Gesamtgehalte einiger Elemente in Kulturböden // Mitteilungsorgan VDLUF A. 1980. H. 1–3. S. 9–11.
 16. Guidelines for drinking-water quality: Fourth edition incorporating the first addendum. World Health Organization, 2017. 631 p. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK442376/> (дата обращения: 15.05.2022).
 17. Исследование микроэлементного состава воды поверхностных водотоков горного массива Дегелен / П. В. Говенко, А. А. Амиров, С. Н. Лукашенко [и др.] // Актуальные вопросы радиоэкологии Казахстана. Курчагов : Институт радиационной безопасности и экологии РГП НЯЦ РК, 2013. Вып. 4. Сборник трудов Национального ядерного центра РК за 2011–2012 гг. С. 361–376.
 18. Singer P. S. Influence of dissolved organics on the distribution, transport and fate of heavy metals in aquatic systems // Fate Pollutants Air and Water Environ. Symp. 165th. NA T. Amer. Chem. Soc. Meet. Philadelphia, 1997. P. 155–182. URL: <https://www.ircwash.org/resources/fate-pollutants-air-and-water-environments-part-2-chemical-and-biological-fate-pollutants> (дата обращения: 15.05.2022).
 19. Геохимический фон СИП. Микроэлементы в почвах участков, прилегающих к горному массиву Дегелен / А. А. Амиров, С. Н. Лукашенко, С. Б. Субботин [и др.] // Актуальные вопросы радиоэкологии Казахстана. Курчагов : Институт радиационной безопасности и экологии РГП НЯЦ РК, 2010. Вып. 2. Сборник трудов Института радиационной безопасности и экологии за 2007–2009 гг. С. 451–460.
 20. Самарина В. С. Гидрогеохимия : учебное пособие для геологических специальностей вузов. Ленинград : Издательство Ленинградского университета, 1977. 360 с.

Поступила в редакцию 11.06.2022; одобрена после рецензирования 10.07.2022; принята к публикации 01.09.2022
The article was submitted 11.06.2022; approved after reviewing 10.07.2022; accepted for publication 01.09.2022



Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2022. Т. 22, вып. 4. С. 243–250

Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences, 2022, vol. 22, iss. 4, pp. 243–250

<https://geo.sgu.ru>

<https://doi.org/10.18500/1819-7663-2022-22-4-243-250>, EDN: НОВРРМ

Научная статья

УДК 911.6

Районирование территории степной зоны России по уровню социально-экономического развития



А. А. Соколов[✉], О. С. Руднева

Оренбургский федеральный исследовательский центр УрО РАН, Институт степи УрО РАН, Россия, 460000, г. Оренбург, ул. Пионерская, д. 11

Соколов Александр Андреевич, кандидат географических наук, старший научный сотрудник, sokolovaa@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0093-3420>

Руднева Оксана Сергеевна, кандидат географических наук, старший научный сотрудник, ksen1909@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8425-3301>

Аннотация. Проведенное исследование имеет комплексный характер и посвящено социально-экономическому районированию территории степной зоны России. На основе изученного опыта разработана методика районирования степной зоны России, включающая в себя основные признаки, компоненты и особенности, характеризующие социально-экономическое развитие территории. Полученные результаты выявили высокую степень дифференциации пространства степной зоны России по уровню социально-экономического развития.

Ключевые слова: степная зона России, социально-экономическое районирование, регионы, население, ВВП

Благодарности. Работа подготовлена в рамках темы государственного задания АААА-А21-121011190016-1.

Для цитирования: Соколов А. А., Руднева О. С. Районирование территории степной зоны России по уровню социально-экономического развития // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2022. Т. 22, вып. 4. С. 243–250. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2022-22-4-243-250>, EDN: НОВРРМ

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

Article

Zoning of the Russian steppe belt territory according to the level of socio-economic development

А. А. Sokolov[✉], О. S. Rudneva

Orenburg Federal Research Center, Institute of Steppe of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 11 Pionerskaya St., Orenburg 460000, Russia

Alexander A. Sokolov, sokolovaa@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0093-3420>

Oxana S. Rudneva, ksen1909@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8425-3301>

Abstract. The study is comprehensive and describes the socio-economic zoning of the Russian steppe belt territory. The method of zoning of the Russian steppe belt territory is developed on the basis of the studied experience by scientists. The obtained results revealed a high degree of differentiation of the steppe zone of Russia by the level of socio-economic development.

Keywords: Steppe zone of Russia, socio-economic zoning, regions, population, GDP

Acknowledgments. The study was carried out as part of the government assignment theme АААА-А21-121011190016-1.

For citation: Sokolov A. A., Rudneva O. S. Zoning of the Russian steppe belt territory according to the level of socio-economic development. *Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences*, 2022, vol. 22, iss. 4, pp. 243–250 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2022-22-4-243-250>, EDN: НОВРРМ

This is an open access article distributed under the terms of Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC0-BY 4.0)

Введение

Первая работа по социально-экономическому районированию, в которой частично описана современная территория степной зоны России, осуществлена В. Н. Татищевым. В 1739 году вышел его труд «Руссия, или, Как ныне зовут, Россия», где на основе экономических, исторических и географических измышлений дается проект

нового деления России на провинции и губернии. Позднее, в 1815 году, К. Ф. Германом было дополнено существующее районирование России в работе «Статистическое исследование относительно Российской империи». В 1818 году К. И. Арсеньевым в труде «Начертание статистики Российского государства» проведено качественно новое районирование. В его основу легли по-



казатели о народонаселении, промышленности, образовании и государственном управлении. Следующее и наиболее удачное районирование было осуществлено П. П. Семеновым-Тянь-Шанским в 1871 году и включало показатели природного, социально-экономического и культурно-исторического характера. На территории европейской части степной зоны России было выделено три крупных экономических района: Центрально-земельный, Приуральский и Нижневолжский. Данное районирование оказалось настолько удачным, что просуществовало вплоть до 1920-х годов, когда ему на смену с небольшими изменениями пришла сетка Госплана СССР. Из других трудов, посвященных социально-экономическому районированию России (в том числе степной зоны) можно выделить работу Д. И. Рихтера (1898 г.) «Опыт разделения Европейской России на районы по естественным и экономическим признакам». Районирование, проведенное А. И. Скворцовым и А. Н. Челинцевым в 1914 году в работе «Хозяйственные районы европейской России», основывалось на степени развития сельского хозяйства как основной отрасли экономики того времени [1, 2].

В период становления народного хозяйства СССР районирование приобрело прикладной характер, в 1920-х годах под руководством Г. М. Кржижановского и И. Г. Александра в рамках Госплана СССР были предложены принципиально новые схемы районирования. В дальнейшем, используя накопленный опыт предшественников, Н. Н. Баранский систематизировал и разработал теоретические основы положений социально-экономического районирования. Значительный вклад в развитие практической реализации теории экономического районирования внес Н. Н. Колосовский. Он всесторонне раскрывал вопросы взаимосвязи районирования и производственных процессов. На основании его районирования на территории степной зоны России располагались 7 экономических районов: Центрально-Черноземный, Средне-Волжский, Волго-Донецкий, Северо-Кавказский, Урал, Западная Сибирь, Средняя Сибирь [3].

Далее активным развитием экономического районирования страны занимался широкий круг ученых: Ю. Г. Саушкин, П. М. Алампиев, А. Е. Пробста, А. М. Колотиевский, Т. М. Калашникова, Н. Т. Агафонов, А. И. Чистобаев, С. Я. Ныммик, М. Д. Шарыгин и др. [3].

Методика эксперимента

Социально-экономическое районирование характеризуется многоступенчатой системой. Первая ступень при проведении районирования – обоснование выбора компонентов и выделение приоритетов. Так как районирование процесс творческий, то и выбор компонентов в некоторой степени субъективен, он сделан на основе экс-

пертного и аналитического опыта. Всего можно выделить две группы основных компонентов [4]:

- степень освоенности территории, оцениваемая через плотность населения, которая отражает уровень благоприятности климата, тип хозяйственного использования, обеспеченность инфраструктурой и многое другое. Для протяженной и разнообразной территории степной зоны России учет пространственного фактора приоритетен;
- уровень экономического развития региона, его индикатором является душевой валовой региональный продукт (ВРП). Данный показатель является важнейшим дифференцирующим признаком, позволяющим оценить степень развития всех секторов экономики, а также общего уровня благосостояния населения региона.

Следующая ступень проведения районирования строится на системе координат, позволяющей выделить несколько крайних и промежуточных типов социально-экономического развития регионов степной зоны России [4]:

- освоенные и богатые (плотность населения и душевой ВРП выше среднего значения);
- слабоосвоенные, но богатые (плотность населения выше среднего, но душевой ВРП ниже среднего значения);
- освоенные, но бедные (плотность населения ниже среднего, но душевой ВРП выше среднего значения);
- слабоосвоенные и бедные (плотность населения и душевой ВРП ниже среднего значения).

В свою очередь, на местности крайние типы районов могут быть объединены с районами промежуточных типов (однородных по одному из признаков). Так, отдельно взятый социально-экономический район может включать в себя группу освоенных и богатых (или слабоосвоенных и бедных) регионов с некоторым количеством освоенных, но бедных (или слабоосвоенных и богатых) территорий.

В результате, имея данную систему координат, легче структурировать и другие социально-экономические характеристики регионов степной зоны России. Они накладываются на базовые различия и дополняют районирование, хотя вполне понятно, что полной синхронности изменений всех компонентов по типам и группам быть не может [4].

Так как отраслевая структура хозяйства регионов степной зоны России представляет собой сочетание разных отраслей, то их можно ранжировать по степени совокупного вклада в экономику региона и выделить основные виды экономической деятельности [5, 6]:

1) главная (определяет место района в территориальном разделении труда и формирует социально-экономический профиль региона);



2) базисная (обеспечивает социально-экономическую стабильность региона и влияет на межрайонные связи);

3) сопутствующая (возникает на основе использования природно-ресурсных особенностей или вторичных источников сырья региона);

4) дополнительная (удовлетворяет внутренние потребности независимо от специализации региона).

По причине интегрированного характера проводимых исследований использовались и другие методологические приемы и подходы. Среди них можно выделить: методы экономико-географического подхода (состоящие из трех направлений – метод региональных исследований, метод отраслевых исследований и метод местных исследований); метод картографических исследований; метод системного анализа; метод систематизации; метод экономико-математического моделирования; методы многомерного статистического анализа. Таким образом, социально-экономическое районирование опирается на довольно широкий круг подходов, методов и способов [6].

Результаты и их обсуждение

Освоенность территории. Степная зона России охватывает значительное пространство площадью 1,6 млн км², или 9% территории страны. Вытянутая преимущественно в широтном направлении между 45° и 55°с.ш., степная зона России имеет ширину с севера на юг от 150 до 600 км. В регионах степной зоны России проживают

42,5 млн человек, что составляет 29% населения страны. К сожалению, в настоящее время вопрос границ степной зоны в аспекте социально-экономических исследований по-прежнему остается открытым. Имеются разные точки зрения, стоит ли включать в пространство степной зоны России территории лесостепной и полупустынной зон или же рассматривать регион исключительно в пределах степной зоны. В частности, академик РАН А. А. Чибилёв в большинстве работ рассматривает регионы степной России в пределах лесостепной, степной и частично полупустынной зон как часть обширного степного мегарегиона Евразии [7]. На ее территории располагается 17 субъектов Российской Федерации, в том числе 3 республики, 3 края, 11 областей. Таким образом, районирование в степной зоне России основывается на двух критериях: административно-территориальном (области и края) и национально-территориальном (республики) (табл. 1) [8].

При осуществлении районирования на разных территориальных уровнях необходимо учитывать наиболее значимые особенности. Прежде всего пространство, регионы резко различаются по территории и численности населения. Самым крупным регионом степной зоны России является Новосибирская область, ее площадь составляет 177,8 км², наименьшей площадью обладает Республика Адыгея – 7,8 км². При этом наименее населенной территорией степной зоны России являются Республика Калмыкия (271 тыс. чел.) и Республика Адыгея (463 тыс. чел.), а больше всего населения проживает в Краснодарском крае

Таблица 1

Размер территории, численность и плотность населения по регионам степной зоны России (на 01.01.2020)

Регионы	Площадь, тыс. км ²	Население, млн чел.	Плотность, чел./км ²
Степная зона России	1134,5	42707	27
Белгородская область	27,1	1549	57
Воронежская область	52,2	2324	45
Республика Адыгея	7,8	463	59
Республика Калмыкия	74,7	271	4
Краснодарский край	75,5	5675	75
Волгоградская область	112,9	2491	22
Ростовская область	101,0	4198	42
Ставропольский край	66,2	2804	42
Республика Башкортостан	142,9	4038	28
Оренбургская область	123,7	1957	16
Самарская область	53,6	3180	59
Саратовская область	101,2	2422	24
Курганская область	71,5	827	12
Челябинская область	88,5	3466	39
Алтайский край	168,0	2317	14
Новосибирская область	177,8	2798	16
Омская область	141,1	1927	14



(5,7 млн чел.). По плотности населения регионы также имеют существенные различия – к наименее заселенным районам относятся Республика Калмыкия (4 чел./км²), а наиболее заселенным является Краснодарский край (75 чел./км²) при средней плотности населения по всей степной зоне России 27 чел./км².

Специфика экономического развития территории. Основными видами экономической деятельности в регионах степной зоны России являются: обрабатывающее производство, торговля, сельское хозяйство, транспортировка и хранение, добыча полезных ископаемых и др. В целом на эти отрасли приходится от 51,1 до 70,1% от всего объема ВРП. Однако национальные богатства распределены неравномерно и имеют существенный

разброс как по совокупному объему ВРП, так и по душевому ВРП (табл. 2) [5, 9].

Самым крупным ВРП обладают регионы с наибольшей численностью населения (Краснодарский край, Республика Башкортостан, Самарская и Ростовская области), при этом данные регионы существенно отличаются между собой по отраслевой структуре экономики. В то же время регионы с наименьшим ВРП и численностью населения (Республика Калмыкия, Республика Адыгея и Курганская область) хоть и обладают существенно большей схожестью отраслевой структуры экономики, но все же имеют разную специализацию.

Более вариативны данные по ВРП на душу населения. Группы регионов с самыми высокими (Белгородская, Оренбургская, Самарская и Новосибирская области) и низкими (Алтайский край,

Таблица 2

Основные социально-экономические показатели по регионам степной зоны России (на 01.01.2020)

Регионы	ВРП, млрд руб.	ВРП на душу населения, тыс. руб.	Основные отрасли специализации (по объему отгруженных товаров и услуг)
Степная зона России	18185	426	Обрабатывающие производства, торговля, сельское хозяйство, транспортировка и хранение
Белгородская область	956	617	Добыча полезных ископаемых, обрабатывающие производства, сельское хозяйство, торговля
Воронежская область	1003	431	Торговля, обрабатывающие производства, сельское хозяйство, операции с недвижимостью
Республика Адыгея	132	288	Обрабатывающие производства, торговля, сельское хозяйство, операции с недвижимостью
Республика Калмыкия	89	327	Транспортировка и хранение, сельское хозяйство, государственное управление, строительство
Краснодарский край	2570	454	Торговля, транспортировка и хранение, обрабатывающие производства, сельское хозяйство
Волгоградская область	961	385	Обрабатывающие производства, торговля, сельское хозяйство, строительство
Ростовская область	1638	390	Обрабатывающие производства, торговля, сельское хозяйство, операции с недвижимостью
Ставропольский край	827	295	Торговля, сельское хозяйство, обрабатывающие производства, здравоохранение
Республика Башкортостан	1810	448	Обрабатывающие производства, торговля, строительство, транспортировка и хранение



Окончание табл. 2

Регионы	ВРП, млрд руб.	ВРП на душу населения, тыс. руб.	Основные отрасли специализации (по объему отгруженных товаров и услуг)
Оренбургская область	1107	565	Добыча полезных ископаемых, обрабатывающие производства, сельское хозяйство, строительство
Самарская область	1688	531	Обрабатывающие производства, добыча полезных ископаемых, торговля, транспортировка и хранение
Саратовская область	812	334	Обрабатывающие производства, торговля, сельское хозяйство, транспортировка и хранение
Курганская область	233	281	Обрабатывающие производства, транспортировка и хранение, торговля, сельское хозяйство
Челябинская область	1546	445	Обрабатывающие производства, торговля, транспортировка и хранение, операции с недвижимостью
Алтайский край	631	271	Обрабатывающие производства, торговля, сельское хозяйство, операции с недвижимостью
Новосибирская область	1409	504	Торговля, транспортировка и хранение, обрабатывающие производства, операции с недвижимостью
Омская область	773	399	Обрабатывающие производства, торговля, сельское хозяйство, транспортировка и хранение

Курганская область, Республика Адыгея и Ставропольский край) показателями имеют схожую отраслевую структуру экономики с преобладанием промышленного производства в первой группе и непромышленным сектором и отраслями сельского хозяйства во второй группе.

Социально-экономическое районирование. Используя предложенную методику деления ре-

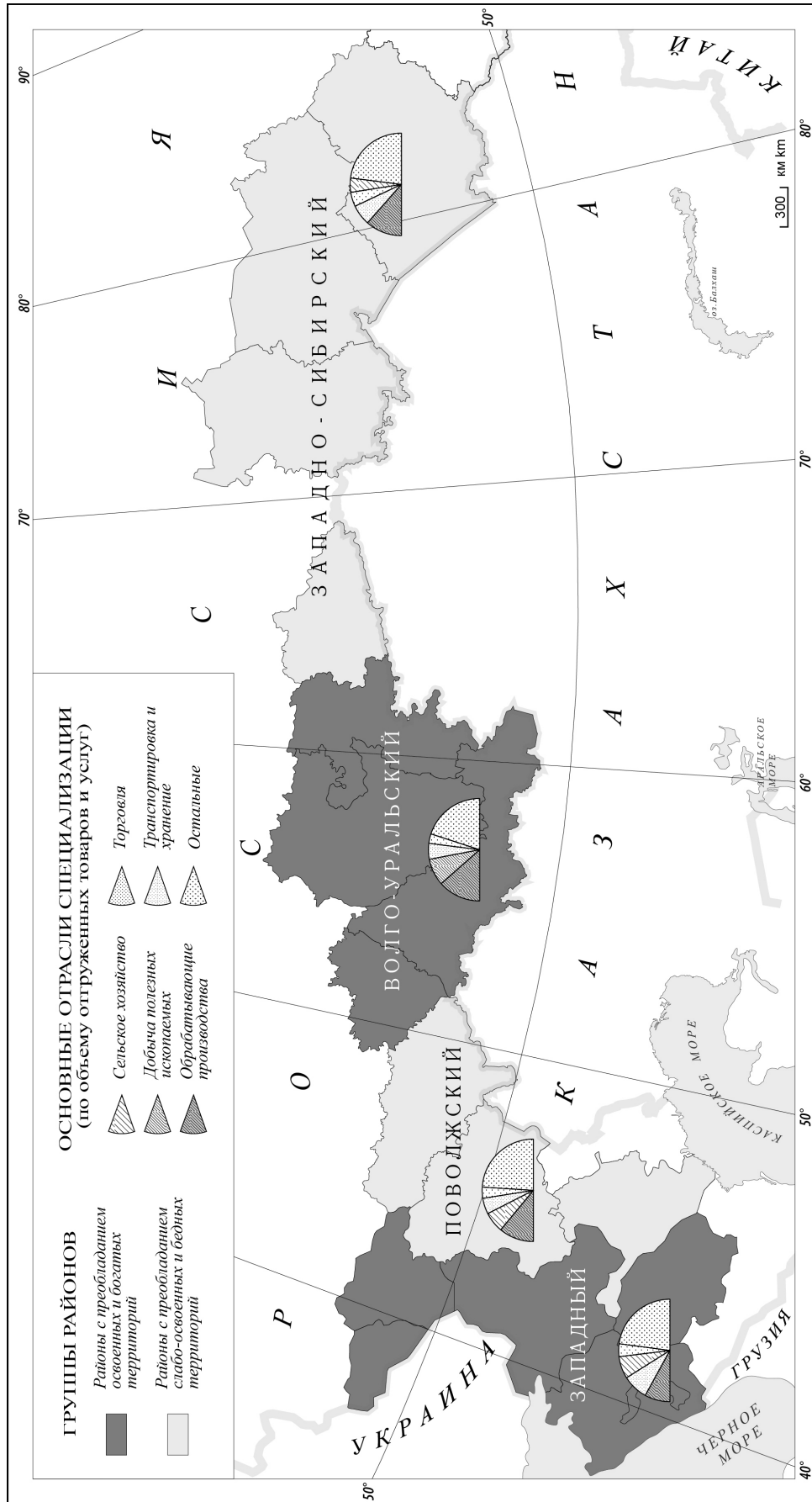
гионов по двум основным признакам – плотности населения и душевому ВВП, – можно выделить четыре типа регионов (табл. 3).

Проведенный анализ показывает высокую дифференциацию социально-экономического развития территории степной зоны России. Разброс значений показателей по разным компонентам показывает размытость границ типов,

Таблица 3

Схема типологии социально-экономического развития регионов степной зоны России

ВРП на душу населения	Плотность населения	
	выше среднего (освоенные)	ниже среднего (слабоосвоенные)
Выше среднего (богатые)	Белгородская область, Воронежская область, Республика Башкортостан, Самарская область, Челябинская область	Оренбургская область, Новосибирская область
Ниже среднего (бедные)	Республика Адыгея, Ростовская область, Ставропольский край	Республика Калмыкия, Волгоградская область, Саратовская область, Курганская область, Алтайский край, Омская область



Социально-экономическое районирование территории степной зоны России



их плавное перетекание и частичное наложение друг на друга как характерную черту поляризации социально-экономического пространства степной зоны России. При отборе и описании районов, помимо основных признаков, учитывалось разнообразие региональных количественных и качественных особенностей, среди которых можно выделить: размер территории, общую численность населения, совокупный ВРП и экономическую специализацию.

Учитывая все вышеперечисленные факторы территорию степной зоны России можно разделить на четыре социально-экономических района по двум крайним типам, обладающие разной степенью освоенности и экономического развития: группа районов с преобладанием освоенных и богатых территорий и районы с преобладанием слабоосвоенных и бедных территорий (рисунок).

Западный район. Наиболее населенная часть степной зоны России, все субъекты Российской Федерации, входящие в состав данного социально-экономического района, имеют плотность населения выше среднего значения (от 42 до 75 чел./км²) и по степени заселенности территории относятся к освоенному типу. По уровню экономического развития в состав района входят как богатые, так и бедные типы регионов (душевой ВРП от 288 до 617 тыс. руб.). Таким образом, район состоит из освоенных и богатых, а также освоенных, но бедных регионов. Основными видами экономической деятельности района по вкладу являются: обрабатывающее производство, торговля, сельское хозяйство, а также транспортировка и хранение. В административно-территориальном устройстве в состав района входят 6 субъектов Российской Федерации (2 республики, 3 области и один край). Итого: данный район характеризуется как высокоосвоенный, с показателями ВРП выше среднего по стране, здесь сосредоточены 40% населения и 39% ВРП от всей степной зоны России.

Поволжский район. Является одним из самых депрессивных в социально-экономическом отношении в степной зоне России. Все субъекты Российской Федерации этого района относятся к слабоосвоенному и бедному типу, плотность населения и душевой ВРП не превышают среднего значения и варьируют от 4 до 24 чел./км² и от 288 до 385 тыс. руб. соответственно. Наибольший вклад в экономику района вносят такие отрасли, как: обрабатывающее производство, сельское хозяйство, торговля, а также транспортировка и хранение. В состав района входят одна республика и 2 области, на которые приходится 12% численности населения и 10% ВРП от всего пространства степной зоны России. Этот район можно охарактеризовать как слабоосвоенный с нижнесредними значениями экономического развития.

Волго-Уральский район. По уровню экономического развития наиболее развитая территория

степной зоны России. Все субъекты Российской Федерации этого социально-экономического района имеют душевой ВРП выше среднего значения от 445 до 565 тыс. руб. и относятся к богатому типу. По плотности населения значительная часть территории имеет показатель выше среднего и варьирует от 28 до 59 чел./км², один регион имеет плотность ниже 16 чел./км², таким образом, большую часть данного района можно отнести к освоенному типу. Субъекты Российской Федерации данного района в основном относятся к освоенному и богатому типу и один регион к богатому, но слабоосвоенному типу. Большая часть экономики района приходится на производственный сектор и представлена обрабатывающим производством, добычей полезных ископаемых, торговлей, а также транспортировкой и хранением. Район состоит из 3 областей и одной республики, которые составляют 30% населения и 34% ВРП степной зоны России. В итоге эту территорию можно описать как наиболее промышленно развитую и хорошо освоенную часть степной зоны России.

Западно-Сибирский район. Является наименее освоенной частью степной зоны России. Плотность населения на всей территории данного района не превышает среднего значения и составляет от 12 до 16 чел./км². По уровню экономического развития большая часть территории имеет показатели душевого ВРП ниже среднего значения и варьируют от 271 до 399 тыс. руб., в одном регионе он выше среднего и равен 504 тыс. руб. Основу экономики региона составляют такие отрасли, как: обрабатывающее производство, торговля, транспортировка и хранение, а также сельское хозяйство. В состав района входят 3 области и один край, на которые приходится 18% населения и 17% ВРП степной зоны России. Район можно охарактеризовать как наименее освоенную территорию с низкими значениями развития экономики.

Заключение

По мнению отечественного географа Ю. Г. Саушкина, районирование является критерием теоретической зрелости и практической значимости исследования. Проведенное районирование степной зоны России позволяет не только детально проанализировать отдельные особенности социально и экономического развития регионов, но и рассмотреть проблемы комплексно в более широком формате [10].

Становится очевидно, что степная зона России весьма неоднородная в социально-экономическом развитии территория, но при этом здесь имеются некоторые важные закономерности. Наиболее освоенная часть территории степной зоны России является более успешной и в экономическом плане (Западный и Волго-Уральский экономические районы), в то время



как слабоосвоенные территории существенно отстают в экономическом развитии (Поволжский и Западно-Сибирский районы).

В то же время имеется некоторое количество регионов, занимающих промежуточное положение как по уровню экономического развития, так и по степени освоенности. Типичные примеры: Оренбургская и Новосибирская области обладают низкой степенью освоенности, но при этом занимают высокое положение в ранге экономического развития (второе и четвертое место соответственно). Отсутствует отчетливая граница и по уровню развития в Ростовской области, Ставропольском крае и Республике Адыгеи, их можно отнести к хорошо освоенным регионам, но с относительно слабым экономическим развитием.

Отдельно стоит выделить так называемые регионы-ядра (лидеры), отражающие все основные характеристики формируемого ими экономического района. К таким территориям можно отнести в Западном районе Белгородскую, Воронежскую области и Краснодарский край, а в Волго-Уральском районе – Самарскую, Челябинскую области и Республику Башкортостан.

Другим примером являются наименее развитые территории, формирующие районы депрессивного социально-экономического положения. Это все территории в Поволжском экономическом районе (Волгоградская, Саратовская области и Республика Калмыкия) и большая часть Западно-Сибирского экономического района (Курганская, Омская области и Алтайский край). В то же время граница между освоенными и слабоосвоенными, богатыми и бедными регионами часто не столь очевидна и разграничить плавно и несинхронно имеющиеся пространства четкими линиями можно лишь с большой долей условности.

Библиографический список

1. Баранский Н. Н. Экономическая география СССР: обзор по областям Госплана. Москва : Государственное издательство, 1927. 336 с.
2. Демьяненко А. Н., Дятлова Л. А. Вопросы экономического районирования в работах экономистов-аграрников // *Пространственная экономика*. 2008. № 4. С. 71–102.
3. Носонов А. М., Пресняков В. Н. Географическое районирование. Ч. I. Экономико-географическое районирование : учебное пособие. Саранск : Мордовский государственный университет, 2012. 86 с.
4. Россия регионов: в каком социальном пространстве мы живем? / Независимый институт социальной политики. Москва : Поматур, 2005. 278 с.
5. Соколов А. А., Руднева О. С. Пространственный анализ структурно-отраслевых сдвигов в российско-казахстанском трансграничном регионе // *Географический вестник*. 2021. № 3 (58). С. 37–45.
6. Федоляк В. С. Региональная экономика. Введение в региональную экономику : учебное пособие. Саратов : Издательство Саратовского университета, 2016. 78 с.
7. Чибилёв А. А. Природное наследие степей Евразии. Оренбург : СОЮЗ А, 2014. 100 с.
8. Чибилёв А. А., Чибилёв А. А. (мл.), Руднева О. С., Соколов А. А., Падалко Ю. А., Мелешкин Д. С., Григорьевский Д. В. Проблемы устойчивого развития социально-экономических геосистем степной зоны Российской Федерации. Оренбург : ИС УрО РАН, 2018. 128 с.
9. Соколов А. А., Чибилёв А. А., Руднева О. С., Барбазюк Е. В., Дубровская С. А., Кин Н. О., Климентьев А. И., Левыкин С. В., Павлейчик В. М., Падалко Ю. А., Петрищев В. П., Поляков Д. Г., Рябуха А. Г., Сивохин Ж. Т., Чибилёв А. А. (мл.) *Географический атлас Оренбургской области*. Оренбург : Институт степи УрО РАН ; РГО, 2020. 160 с.
10. Саушкин Ю. Г. Избранные труды. Смоленск : Универсум, 2001. 414 с.

Поступила в редакцию 11.04.2022; одобрена после рецензирования 20.06.2022; принята к публикации 01.09.2022
The article was submitted 11.04.2022; approved after reviewing 20.06.2022; accepted for publication 01.09.2022



Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2022. Т. 22, вып. 4. С. 251–261

Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences, 2022, vol. 22, iss. 4, pp. 251–261

<https://geo.sgu.ru>

<https://doi.org/10.18500/1819-7663-2022-22-4-251-261>, EDN: DTFFDP

Научная статья

УДК 911.9:004.652



Геопорталы как инструмент доступа к облачным хранилищам данных о метагеосистемах

А. А. Ямашкин, С. А. Ямашкин✉

Национальный исследовательский Мордовский государственный университет имени Н. П. Огарёва, Россия, 430005, г. Саранск, ул. Большевистская, д. 68

Ямашкин Анатолий Александрович, доктор географических наук, профессор, yamashkin56@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9995-8371>

Ямашкин Станислав Анатольевич, кандидат технических наук, доцент, yamashkinsa@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7574-0981>

Аннотация. Статья посвящена решению научной проблемы управления хранением пространственных данных посредством геопортальных систем на основе решения научной задачи анализа закономерностей пространственно-временной организации сложных динамических иерархически организованных метагеосистем. Доказывается, что задача интеграции больших массивов пространственной информации в инфраструктурах пространственных данных (ИПД) может быть решена на основе проектирования мультимодельных хранилищ, функционирующих на основе систем управления базами данных разных классов. Для повышения надежности систем интеграции пространственных данных целесообразно ориентироваться на микросервисную архитектуру, предполагающую организацию взаимодействия обособленных сервисов, каждый из которых выполняет свою конкретную задачу. В ИПД можно выделить следующие контексты использования микросервисов: геопорталы, системы анализа, обработки и управления пространственными данными, а также распределенные облачные хранилища.

Ключевые слова: геопорталы, пространственные данные, метагеосистемы, мультимодельные хранилища, микросервисная архитектура

Благодарности. Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-27-00651, <https://rscf.ru/project/22-27-00651/>.

Для цитирования: Ямашкин А. А., Ямашкин С. А. Геопорталы как инструмент доступа к облачным хранилищам данных о метагеосистемах // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2022. Т. 22, вып. 4. С. 251–261. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2022-22-4-251-261>, EDN: DTFFDP

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

Article

Geoportals as a tool for access to cloud storage of metageosystems data

А. А. Yamashkin, S. A. Yamashkin✉

National Research Mordovia State University, 68 Bolshevistskaya St., Saransk 430005, Russia

Anatoliy A. Yamashkin, yamashkinsa@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9995-8371>

Stanislav A. Yamashkin, yamashkin56@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7574-0981>

Abstract. The article is devoted to solving the scientific problem of spatial data storage management using geoportal systems on the basis of solving the scientific problem of analyzing the patterns of spatiotemporal organization of complex dynamic hierarchically organized metageosystems. The paper proves that the problem of integrating large arrays of spatial information in spatial data infrastructures (SDIs) can be solved by designing multi-model storages operating on the basis of database management systems of different classes. To improve the reliability of spatial data integration systems, it is advisable to focus on a microservice architecture that involves organizing the interaction of separate services, each of which performs its own specific task. The following microservices usage contexts can be distinguished in the IPD: geoportals, spatial data analysis, processing and management systems, as well as distributed cloud storages.

Keywords: geoportals, spatial data, metageosystems, multi-model storages, microservice architecture

Acknowledgments. The research was carried out at the expense of a grant from the Russian Science Foundation No. 22-27-00651, <https://rscf.ru/en/project/22-27-00651/>.

For citation: Yamashkin A. A., Yamashkin S. A. Geoportals as a tool for access to cloud storage of metageosystems data. *Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences*, 2022, vol. 22, iss. 4, pp. 251–261 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2022-22-4-251-261>, EDN: DTFFDP

This is an open access article distributed under the terms of Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC0-BY 4.0)



Введение

Ландшафтная оболочка является ареной многовекового развития процессов хозяйственного освоения, формирования широкого спектра систем природопользования. К. П. Космачев пишет, что «активной стороной, определяющей тип освоения территории, всегда является общество. Но результат освоения в значительной степени зависит и от природной основы территории, от того, как она "принимает" воздействие общества, насколько она способна накапливать результаты человеческого труда и сохранять их в течение длительного времени. Следовательно, при освоении территории необходимо сопоставление двух групп взаимосвязанных процессов – производственных и природных. От сочетания и взаимодействия этих процессов и зависит освоение территории, в ходе которого создается основа для размещения производительных сил» [1, с. 9]. Пространственно-временной анализ взаимодействия природных, социальных и производственных подсистем имеет особое значение для Российской Федерации, территория которой включает широкий спектр геосистем – от нивально-гляциальных геосистем Арктики до субтропических лесных ландшафтов на юге.

Данная статья направлена на поиск решения научной проблемы управления хранением пространственных данных посредством геопортальных систем на основе решения научной задачи анализа закономерностей пространственно-временной организации сложных динамических иерархически организованных метагеосистем.

Обработка и анализ пространственных данных сегодня в значительной мере должны опираться на технологии машинного обучения и искусственного интеллекта, внедрение облачных и распределенных вычислений. Практическую ценность консолидируемые массивы пространственных данных приобретают при условии предоставления возможности их гибкого использования представителями определенных ролей для решения задачи предоставления эффективного инструмента принятия взвешенных управленческих решений [2]. Исследования метагеосистем, отражающие условия жизнеобеспечения населения, могут быть использованы в территориальном развитии как крупных регионов, так и сравнительно небольших территорий [3].

Интеграция знаний о метагеосистемах в геопорталах для поддержки принятия управленческих решений

Значительное количество видов социально-экономических объектов обуславливает необходимость их четкой систематизации. Исследование закономерностей структуры, функционирования и развития метагеосистем ориентируется на выявление систем жизнеобеспечения для принятия управленческих решений разными институтами

в области производства и обращения материальных благ и в сфере услуг. Исследование включает несколько этапов:

программный – разработка стратегического документа научного исследования, определяющего цели, задачи, обосновывающего содержание разделов, график работ, состав исполнителей, стоимость работ и ожидаемый результат, а также методологию исследования исходя из специфики метагеосистемы и постановки практических задач, подлежащих решению;

аналитический – анализ и синтез первичной информации, обобщение, систематизация и интерпретация процессов и явлений, установление закономерностей формирования метагеосистем разного иерархического уровня;

информационный – формирование инфраструктуры пространственных данных, картографирование инвариантных и переменных элементов метагеосистем, выявление территориальных сочетаний, их границ и свойств;

модельный – разработка и реализация цифровых моделей метагеосистем, прогнозирование их развития для принятия управленческих решений;

концептуально-конструктивный – конструирование оптимальных пространственных сочетаний элементов метагеосистем, обоснование проектных решений, разработка рекомендаций по управлению наследием.

Цифровая карта геопортала, обеспечивающая информационную поддержку междисциплинарных исследований в области анализа метагеосистем культурного ландшафта для управления территориальными системами наследия, должна обеспечивать послойную визуализацию тематических слоев, оптимальный реестр которых определяется представленным выше перечнем взаимосвязанных подходов, обеспечивающих формирование систем электронных карт и баз данных региона для исследования метагеосистем: ландшафты, история и археология, культура, этнография, демография, экономика, экология (рис. 1).

Основной систем территориального управления любых видов и рангов является информационная база, представленная в реальных условиях того или иного региона в форме единого геопортала [4]. В электронном исполнении это хранилище геоинформации. Структура геопортала имеет территориальную и функциональную (отраслевую) составляющие. В территориальном плане он подразделяется на иерархически соподчиненные кадастры, а в функциональном отношении включает множество подразделений отраслевого характера. В функционально-отраслевом отношении структура геопортала определяется принципиальными схемами структуры территориальной природно-социально-экономической системы (метагеосистемы). Весь массив входящей в единый геопортал информации подразделяется, согласно принципу генеральной структуризации процесса

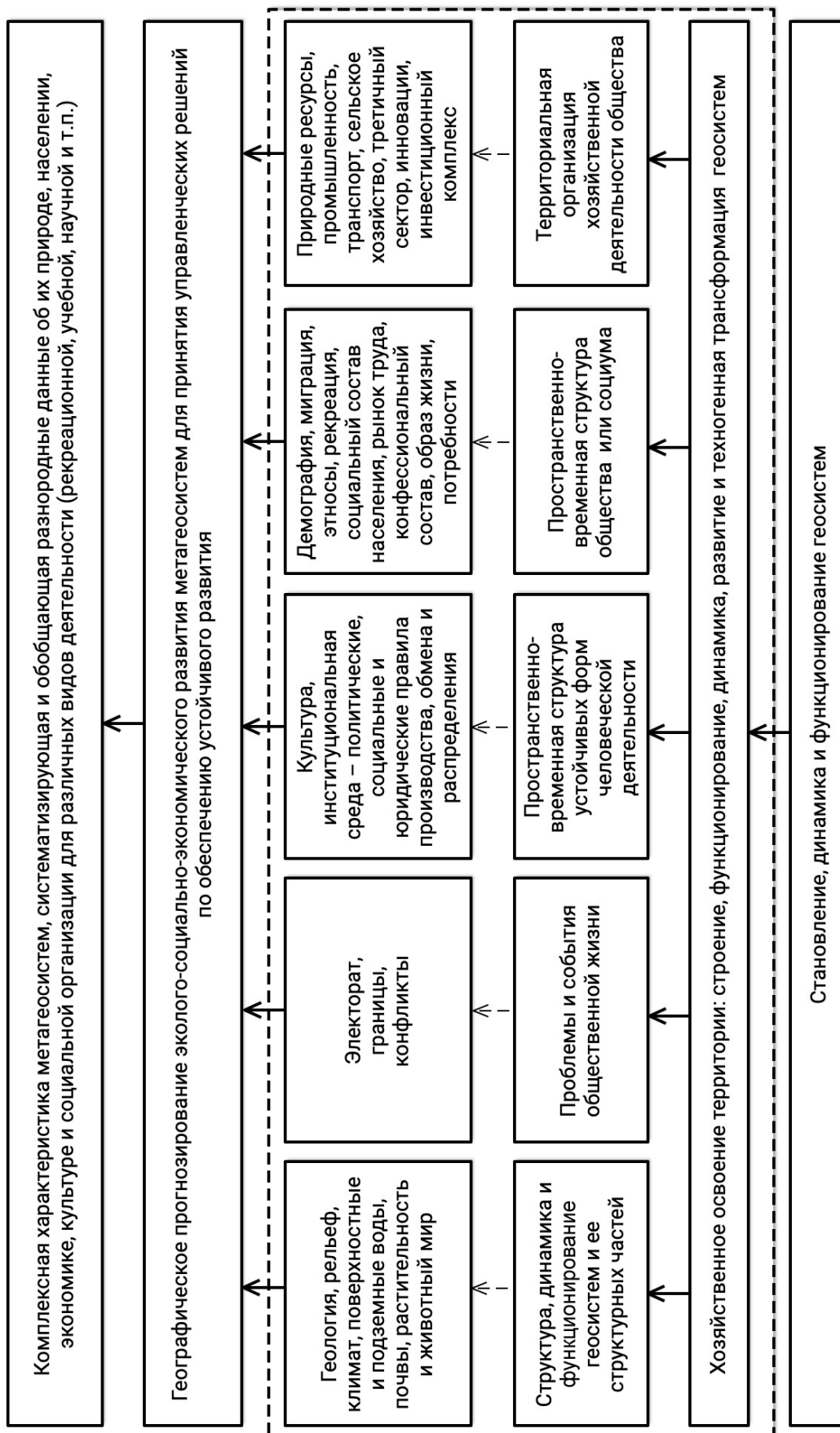


Рис. 1. Интегральный синтез информации



территориального управления, на три больших блока. Первый содержит информацию об объекте территориального управления, второй – о его субъекте, а третий – о технологии данной деятельности.

Оценка практической значимости входящей в единый геопортал информации показывает ее неоднозначность. Существует универсальная информация, имеющая базовый характер и во многом определяющая содержание других видов геоинформации, а есть, соответственно, и частная информация о состоянии природных объектов и функционировании отдельных элементов социума. Сказанное касается всех выделенных блоков геоинформации, но нагляднее всего это выражается в массиве информации об объекте территориального управления. В этом блоке целесообразно выделить три большие совокупности видов геоинформации, составляющих адресно-геодезическую основу территории, ее атрибутивную основу и комплекс частной территориальной информации.

Информация, собираемая в рамках адресно-геодезической и атрибутивной основы геопорталов при решении конкретных управленческих задач, дополняется частной, узкоспециальной геоинформацией. Этой дополнительной геоинформации имеется великое множество видов, а потому всю ее собирать «на всякий случай» практически нереально, ибо это слишком дорого да и чаще всего бессмысленно, так как информация в большинстве случаев достаточно быстро устаревает. В реальном процессе управления дополнительно нужная информация либо добывается специально, либо компилируется из состава основной.

Природный блок образуют общие карты всех компонентов геосистем, а именно: геологическая, инженерно-геологическая, гидрогеологическая, геоморфологическая, гидрологическая (речного стока, озер, водохранилищ и других поверхностных водных объектов), климатическая, почвенная, геоботаническая, зоогеографическая. В качестве центрального звена выступает синтетическая карта геосистем, отражающая влияние макроклиматических, тектонических, водно-геохимических, почвенно-биологических и экзогеодинамических факторов на структуру, развитие, динамику, функционирование и устойчивость геосистем.

Социальный блок. Население характеризуется картами (картосхемами, картограммами) его численности и плотности, возрастно-половой структуры, естественной динамики, миграции и прочих демографических характеристик. При анализе процессов хозяйственного освоения ландшафтов используется широкий спектр подходов: археологический, исторический, этнографический, культурологический, демографический.

Экономический блок содержит данные о системе производства, обмена и распределения продуктов в обществе; организации производства

и разделении труда в разных природных и культурных средах. Объекты недвижимости отображаются на схемах различных видов основных фондов: жилого, нежилого, производственных помещений, административных зданий и прочего. Инженерные сети изображаются на схемах электроснабжения, водоснабжения, газоснабжения, теплоснабжения, канализации, связи и т. д. Транспорт как сфера услуг по грузопассажирским перевозкам, в которую включаются транспортные сети, транспортные средства и транспортная инфраструктура (сервис), представлен соответствующими картами и картосхемами.

Экологический блок оценивает хозяйственную освоенность ландшафтов для целей оптимизации территориальной организации метагеосистем, декомпозирует аспекты функционирования и определяет пути оптимизации природно-социально-производственных систем.

Все виды геоинформации в электронном исполнении представляются первоначально в форме отдельных слоев. В дальнейшем, при решении управленческих задач, из этих слоев составляются разные комбинации, в результате чего образуется множество производных карт (картографических моделей), позволяющих оценивать корреляцию факторов и таким образом выявлять причины явлений и их взаимозависимость. Моделирование территориальных процессов является необходимой предпосылкой их прогнозирования с целью оптимизации.

Геопорталы представляют собой технологическую основу, реализующую возможность и право граждан, специалистов, управленцев и ученых на получение и распространение пространственной информации. Они становятся форпостами устойчивого эколого-социально-экономического развития регионов [5]. Системы данного класса формируют достаточный уровень координации и коммуникации участников разных отраслей для осуществления интеграции, обработки и анализа пространственных данных, а также последовательного преодоления барьеров инновационного развития стран и регионов, предоставляя гибкий доступ к пространственным данным на основе веб-технологий [6].

Для решения задачи анализа процессов функционирования природно-социально-производственных систем для выработки взвешенных управленческих решений в области реализации концепции устойчивого развития целесообразно выделить следующие уровни интеграции пространственных данных.

Уровень базовых пространственных данных, описывающий современную структуру метагеосистем, основанный на формировании базовой картографической основы.

Уровень пространственных моделей, предполагающий систематизацию данных по таким модулям, как природные (геосистемы и их динамические свойства), социальные (простран-



ственно-временная структура общества и культурные ландшафты), экономические (территориальная организация хозяйственной деятельности регионов в рамках спектра отраслей), геоэкологические (иерархически организованная среда обитания человека, измененная в условиях техногенеза) системы.

Уровень принятия управленческих решений, обеспечивающий использование пространственных данных для решения задач анализа структуры и свойств земель и прогнозирования природных и природно-техногенных процессов. Синтез цифровых пространственных моделей представляет собой многоэтапный процесс, при котором пространственные данные подвергаются обработке, анализу и структурированию.

В рамках внедрения геопортальных систем актуально решение следующих конкретных задач.

1. Визуализация пространственных данных в рамках цифровой карты геопортала с целью обеспечения возможности их эффективного распространения и использования.

2. Сбор пространственных данных, получаемых от внешних провайдеров, в том числе интеграция с компонентами интернета вещей.

3. Управление распределенными в пространстве объектами посредством отправки управляющих команд через интерфейсы диспетчера, представляющее собой функцию, обратную предыдущей.

4. Внедрение алгоритмов автоматизации, актуальное с точки зрения того, что в настоящее время значительное число пользователей заинтересованы в доступе не только к пространственным данным, но и к развитому функционалу их аналитической обработки, выработке прогнозов, принятию управленческих решений.

5. Проектно ориентированное использование интеллектуальных алгоритмов, основанных на применении методов машинного обучения для анализа разнородных пространственных данных, в том числе на основе глубоких нейросетевых моделей.

6. Интерактивная генерация отчетной документации на основе пространственных данных геопортала, содержащей как результаты аналитической обработки консолидированных данных, так и системы автоматизированно формируемых рекомендаций относительно возможности достижения конкретных параметров.

7. Функционирование подсистемы администрирования, предоставляющей функционал по манипулированию пространственными данными геопортала при наличии необходимых прав доступа.

Следует выделить два направления развития каркаса геопортальной системы. С одной стороны, необходимо придерживаться дедуктивной стратегии, при которой геопортал изначально разрабатывается с целью достижения возможности покрытия решений максимального количества

проектных задач. С другой – необходимо максимально эффективно реализовывать индуктивную стратегию, в рамках которой положительно зарекомендовавшие себя улучшения частных конкретных геопорталов становятся основой для развития каркаса системы. Совместное использование дедуктивной и индуктивной стратегий обеспечит эволюционное улучшение каркаса построения геопортальных систем, а также оптимизацию частных решений, разрабатываемых на его основе.

Микросервисная организация ИПД и геопортальных систем

С целью решения задачи эффективного функционирования систем консолидации, обработки и анализа геопространственных данных и выполнения геопространственных автоматизированных процессов в облачной среде могут быть применены микросервисные архитектурные решения, предполагающие, в частности, использование языков программирования, специфичных для предметной области. Облачная организация инфраструктуры пространственных данных решает проблемы масштабируемости, доступности, отказоустойчивости и подходит для хранения и обработки растущих объемов данных [7].

Традиционные настольные ГИС имеют функции, внедрение которых представляет интерес и в облачной системе. Важное место среди них занимают возможность автоматизации многократно повторяющихся рабочих процессов, позволяющих значительно сэкономить время и ресурсы. Актуальной проблемой является развитие систем управления рабочими процессами обработки геопространственных данных, позволяющих координировать и распараллеливать существующие алгоритмы.

В рамках использования облачных геоинформационных систем конечные пользователи заинтересованы в реализации следующих функций:

- использование геопортальных интерфейсов, предоставляющих возможность обработки и визуализации больших наборов геопространственных данных;
- работа с инструментарием для создания и управления процессами автоматизации повторяющихся задач без необходимости взаимодействия с деталями организации вычислительной инфраструктуры;
- внедрение масштабируемых компонентов, направленных на обработку и анализ мультимодельных пространственных данных с возможностью их комбинирования для создания сложных цепочек на основе процессов обработки.

Микросервисная архитектура предполагает организацию взаимодействия изолированных служб, каждая из которых выполняет свою



и только свою конкретную задачу. Архитектура облачного хранилища пространственных данных должна быть основана на использовании интерфейсов и точек расширения, позволяющих непрерывно интегрировать модули анализа пространственных данных без необходимости внесения фундаментальных изменений. Слабое зацепление компонентов системы представляет собой основной аспект формирования микросервисной архитектуры, обеспечивающий легкое расширение системы за счет интеграции новых компонентов и ее эффективное сопровождение.

Представим набор качественных свойств, достигаемых благодаря облачной организации инфраструктуры пространственных данных:

- масштабируемость, предполагающая обеспечение обработки произвольно больших объемов данных из разных источников с целью решения достаточного набора проектно ориентированных задач;
- модифицируемость, опирающаяся на интеграцию слабосвязанных и независимо разворачиваемых микросервисов (модулей) для обеспечения высокой устойчивости инфраструктуры в целом;
- диверсифицируемость процесса разработки, основанная на вовлечении распределенных команд инженеров и ученых, разрабатывающих независимые компоненты, которые можно интегрировать в общую систему для создания единого приложения;
- отказоустойчивость, базирующаяся на создании и внедрении изолированных компонентов, работающих в своем окружении и обменивающихся данными по стандартизированным протоколам.

Достижение обозначенных свойств определяет высокую устойчивость формируемой инфраструктуры к ошибкам разного уровня, появление которых не приводит к остановке работы системы при условии выхода из строя отдельных компонентов. Еще одним преимуществом при этом становится возможность вовлечения нескольких команд разработчиков в процесс постоянного развертывания новых версий своих компонентов без влияния на работу инфраструктуры в целом.

В системе ИПД можно выделить следующие ограниченные контексты для микросервисов: геопорталы (инструменты визуализации и управления пространственными данными), системы анализа, обработки и управления пространственными данными, а также распределенные облачные хранилища (рис. 2). Разделение на подсистемы визуализации, обработки и интеграции пространственной информации позволяет, начиная с верхнего уровня декомпозиции архитектуры системы, добиться увеличения связанности модулей или ее ослабления.

Необходимо отметить, что при этом может быть развернуто несколько распределенных экземпляров геопортальных систем, хранилищ

данных и систем анализа, причем каждая из них может иметь уникальные функциональные и качественные характеристики.

Геопортальные системы представляют собой точку доступа к информации, консолидированной в цифровых инфраструктурах пространственных данных, и проектируются исходя из решаемых задач. Исходя из набора консолидируемых данных и перечня проектных задач, требующих решения, формируются веб-интерфейсы, посредством которых решается задача взаимодействия ключевых акторов системы с инфраструктурой пространственных данных. Так, отдельные геопорталы могут быть нацелены на решение задач интеграции информации об объектах природного, исторического и культурного наследия, управление системами землепользования (например, предприятиями сельского хозяйства), а также производствами и службами, деятельность которых основана на внедрении и использовании компонентов интернета вещей.

На основе модуля аутентификации решается задача управления доступом на основе ролей, предполагающая внедрение политик избирательного управления доступом. От цели развертывания геопортала в значительной мере зависят сервисы, разворачиваемые в рамках CRUD системы управления пространственными данными и решающие задачи создания, чтения, обновления и удаления информации. Центральный сервис в данном контексте выступает сервис визуализации цифровой карты, позволяющий управлять послойным отображением разных тематических слоев пространственных данных, который может быть организован на основе архитектурного паттерна Model-View-Presenter. В рамках отдельного тематического слоя должны быть обеспечены функции интерактивного взаимодействия с пространственными объектами, решаться задачи асинхронной загрузки данных и кластеризации.

Браузер пространственных данных позволяет осуществлять взаимодействие пользователя с системой фильтров, дающих возможность осуществлять интерактивный поиск пространственной информации. Несмотря на то что этот сервис во многих случаях используется совместно с цифровой картой, это отдельный компонент геопортальной системы, развивающийся независимо. Сервисы редактирования пространственных данных разрабатываются и развертываются с целью реализации возможности управления хранилищем пространственных данных, позволяют осуществлять единичное и пакетное добавление пространственных объектов, импорт и экспорт блоков информации, модифицировать пространственный и атрибутивный контексты. Наконец, сервисы оповещений обеспечивают оперативное получение важных уведомлений, в том числе визуализируемых в рамках цифровой карты геопортала или браузера пространственных данных.

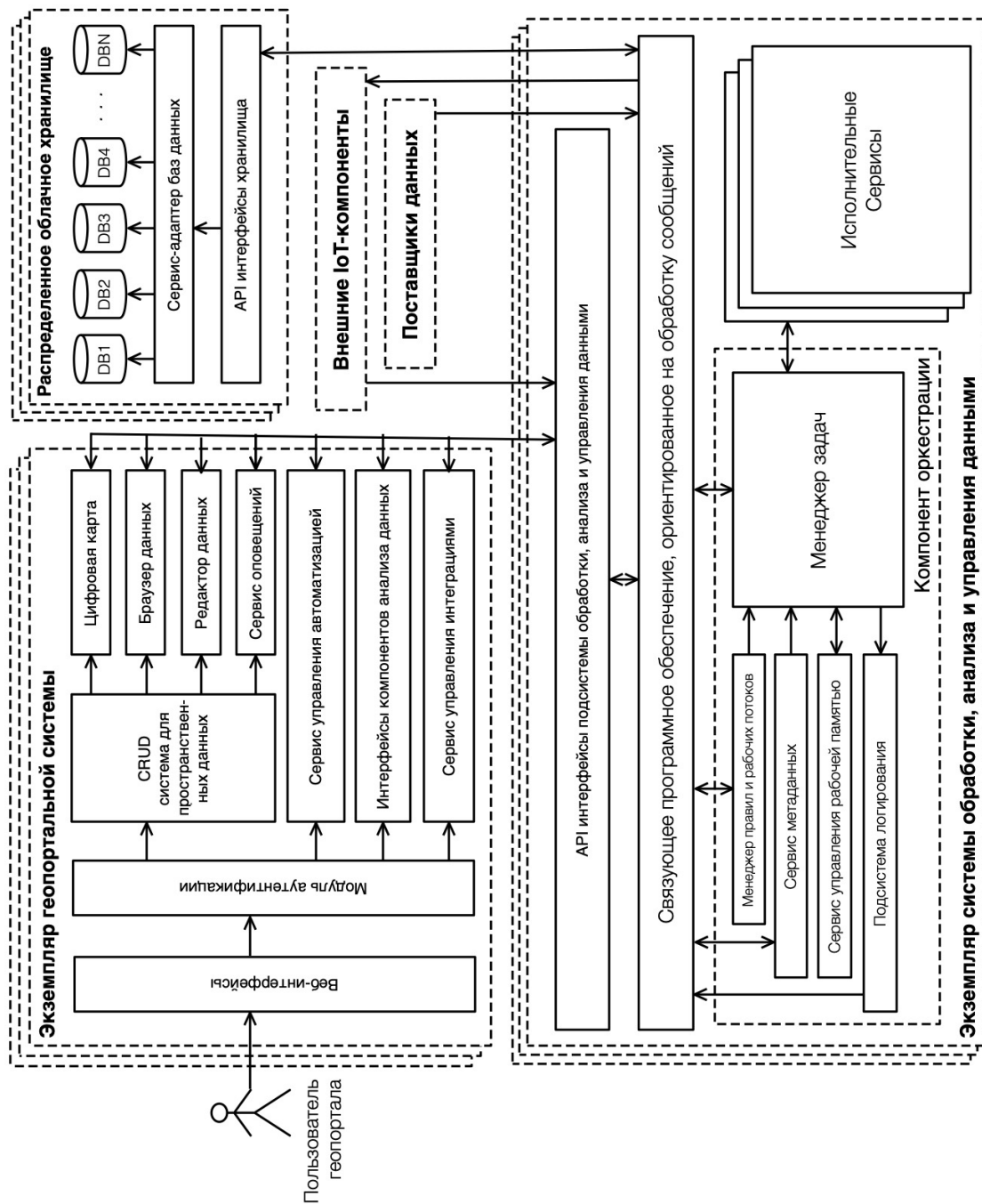


Рис. 2. Организация взаимодействия сервисов в инфраструктуре пространственных данных



Сервисы организации интерфейсов взаимодействия с компонентами анализа пространственных данных представляют собой связующее звено, позволяющее осуществлять взаимодействие с исполнительными сервисами подсистемы обработки, анализа и управления пространственными данными, являющимися внешними по отношению к геопортальным системам. В то же время сервис управления триггерами автоматизации дает возможность решить проблему оптимизации рутинных задач, осуществляя запуск определенных вычислительных расчетов при наступлении определенных условий: временных (наступление определенного времени, истечение периодического промежутка) и событийных (выполнение пространственных или атрибутивно ориентированных условий). При этом условия могут быть ориентированы как на анализ текущих параметров, так и на использование статистических характеристик накапливаемой информации.

Сервисы интеграции с внешними компонентами позволяют осуществлять настройку взаимодействия с удаленными системами, в том числе объектами интернета вещей. Сервисы интеграции при этом должны быть организованы на основе паттерна Адаптер, позволяющего осуществлять оперативное и унифицированное добавление оборудования новых поставщиков и иных модификаций.

Распределенные облачные хранилища пространственных данных формируются на основе мультимодельных хранилищ данных, подходы к построению которых представлены ранее. Общая архитектура программно-определяемой облачной среды хранения пространственных данных формируется на основе сервисов-адаптеров баз данных, определяющих особенности управления консолидируемой информацией на основе разных политик с целью управления, абстрагирования, объединения и автоматизации взаимодействия с физическими системами хранения на основе технологий виртуализации. Интерфейсы хранилища предоставляют доступ ко всем ресурсам пространственных данных, которыми управляют сервисы-адаптеры, делают среду открытой и расширяемой, благодаря чему возможно осуществлять интеграцию хранилища нескольких поставщиков.

В настоящее время основные геопрограммные базы данных классифицируются по двум категориям: реляционные базы данных и NoSQL-хранилища. Реляционные базы данных используются наиболее широко: самые зрелые СУБД десятилетиями применяются в разных отраслях [7]. Однако они имеют ряд недостатков, не позволяющих с их помощью развернуть крупномасштабные среды доступа к пространственным данным. Новые геопрограммные приложения, реализуемые в системе ИПД, требуют эластичной масштабируемости, устойчивости

к высоким нагрузкам, быстрого времени ответа на запросы со сложными агрегационными параметрами. Традиционные пространственные реляционные СУБД эту возможность обеспечить не могут. Так, потоковые запросы от компонентов интернета вещей к серверам легко могут привести к недоступности системы и увеличению времени ответа.

Альтернативные преимущества процессу интеграции пространственных данных способны предоставить NoSQL-хранилища, представляющие собой распределенные СУБД, не требующие жесткой структуризации данных. Они не ограничены реализацией стандартного для реляционных хранилищ свойств ACID (атомарность, согласованность, изоляция и надежность), что делает их открытыми для горизонтального масштабирования. При этом NoSQL СУБД демонстрируют возможность интегрировать и индексировать большие наборы данных, поддерживая значительное количество одновременных и сложных пользовательских запросов.

Каждая отдельная СУБД, основанная на определенной парадигме интеграции пространственно-временной информации в ИПД, не может предоставить ключ к решению всех задач в области консолидации пространственной информации. Комплексный анализ потенциальных функциональных требований к разворачиваемым ИПД, опыт проектной реализации систем данного класса, исследование рынка современных СУБД позволили сформировать реестр компонентов, на основе которых целесообразно организовать мультимодельное хранилище пространственной информации. Представим описание СУБД, а также подходов к их организации, формирующих основу для мультимодельного хранилища пространственных данных.

1. Реляционные СУБД (работающие под управлением MySQL или PostgreSQL) обеспечивают консолидацию в ИПД информации, требующей строгой нормализации и категоризации и обеспечения возможности CRUD-манипуляции с данными о территориальных объектах. Использование пространственных индексов позволяет повысить скорость и точность поиска информации на основе географических критериев.

2. Резиденты хранилища (основанные на Redis) предоставляют наиболее простую форму хранения данных (в формате «ключ – значение»), благодаря чему обладают свойством ресурсной эффективности и применяются в качестве высокопроизводительных внутрипроцессных баз данных. Предпочтительны для разработки систем кеширования данных, буферов высокоскоростного обмена с внешними системами и агентами интернета вещей.

3. Документы базы данных (функционирующие на базе MongoDB) характеризуются организацией данных без единой схемы (записи имеют



разные атрибуты, отличные внутри себя по типам данных, и могут иметь разную структуру). Актуальны для систематизации слабоструктурированных данных, информации о мониторинге пространственных процессов, хранения и регистрации событий.

4. Граф ориентированные хранилища (выстраиваемые на основе Neo4j) систематизируют данные в графовых структурах в виде вершин и ребер (отношений между вершинами), позволяют эффективно консолидировать данные в такой форме и вычислять свойства графа. Целесообразны для хранения информации о горизонтальных и вертикальных связях геосистем.

5. Хранилища временных рядов (основаны на TimescaleDB) внедряются для эффективного сбора и управления временными рядами с большим объемом транзакций. СУБД временных рядов предназначены для эффективного сбора, хранения и запроса разных временных рядов с большими объемами транзакций. Пригодны для систематизации пространственной информации, для которой характерно изменение с течением времени (например, показателей развития стихийных процессов).

6. Колоночные базы данных (формируемые на основе ClickHouse) консолидируют данные с возможностью хранения большого количества динамических столбцов, поэтому их можно рассматривать как двумерные хранилища ключей и значений. Сочетая в себе частичные преимущества документных и реляционных концепций, системы данного класса реализуют концепцию повышения производительности, при которой данные таблицы хранятся не запись за записью, а столбец за столбцом. Представляют безальтернативное решение для организации модулей интерактивной аналитической обработки данных (OLAP-компонентов) в системе цифровых ИПД.

В реестр СУБД, формирующих основу для организации мультимодельного хранилища данных ИПД, вовлечены системы, относящиеся к классу открытого программного обеспечения и поддерживающие операции с пространственными данными на том или ином уровне.

Связующим звеном между геопортальными системами и распределенными облачными хранилищами инфраструктуры пространственных данных выступают системы анализа, обработки и управления пространственными данными, основанные на технологиях автоматизированной обработки информации и анализа данных. Ядром систем этого типа являются исполнительные сервисы, инкапсулирующие в себе программную реализацию алгоритмов обработки и анализа пространственных данных. Для оркестрации процесса выполнения и взаимодействия отдельных сервисов необходимо развертывание менеджера задач, функционирование которого основано на подсистеме определения правил запуска сервисов и выстраивания потока выполнения работ.

Посредством сервиса метаданных решается задача описания унифицированного интерфейса для запуска сервисов обработки, анализа и управления пространственными данными. Для хранения и управления информацией о текущем состоянии выполнения рабочих потоков обработки и анализа данных используются сервисы для управления рабочей памятью. Модуль логирования представляет собой инструмент сохранения знаний о выполненных процессах. Связующее программное обеспечение инфраструктуры пространственных данных как комплекс программ для обеспечения взаимодействия между разными сервисами и компонентами целесообразно выстраивать на основе ориентации на обмен сообщениями в распределенном окружении.

Проектная реализация геопортальных систем

Консолидация данных в цифровых ИПД имеет особое значение для решения задачи информационного обеспечения просветительской деятельности в области междисциплинарных исследований, основанных на использовании пространственных данных. При этом конечные артефакты анализа данных ИПД становятся главным элементом, обеспечивающим управление системами распространения знаний о ключевых компонентах устойчивого развития регионов. Их использование позволяет повысить эффективность информационных процессов, обеспечивающих развитие образовательных и социально-экономических систем.

Проектное решение «Прогнозирование уровня подъема воды в период половодья» признано победителем второго этапа Международного конкурса World AI&Data Challenge Агентства стратегических инициатив по продвижению новых проектов. Разработанная система представляет собой геопортальное приложение, позволяющее визуализировать электронную карту прогнозируемой устойчивости территории к затоплению. Перечень сервисов системы включает: компонент визуализации территории на цифровой карте с возможностью послойного отображения объектов разных категорий (рис. 3, а); подсистему администрирования для ручной актуализации реестра объектов и автоматизированной актуализации исторических метеоданных и данных об уровне воды; модуль прогнозирования уровня воды и компонент краудсорсингового добавления объекта на карту с возможностью отправки оповещений.

Геопортальная система «Природное и культурное наследие Республики Мордовия» выполняет функцию организации управления системами культурного и исторического наследия. Каркас проекта изначально проектировался и разрабатывался с чистого листа на основе компонента ориентированного подхода для эффективного решения задачи распространения информации



о природном и культурном наследии региона. Графические интерфейсы информационной системы созданы с использованием технологий адаптивной верстки для достижения необходимых UX-показателей и удобства использования со смартфонов и десктопных устройств (рис. 3, б). База данных геопортала спроектирована исходя из решаемых в проекте задач на основе реляционного подхода.

Информация в геопортале представлена на трех языках: русском, английском и испанском. Данные в рамках проекта структурированы в 69 информационных блоках из 6 тематических разделов: «Административное устройство, природа и ресурсы», «История», «Народонаселение и социальная инфраструктура», «Экономика», «Экология», «Наследие муниципальных районов» – и снабжены иллюстративным материалом:

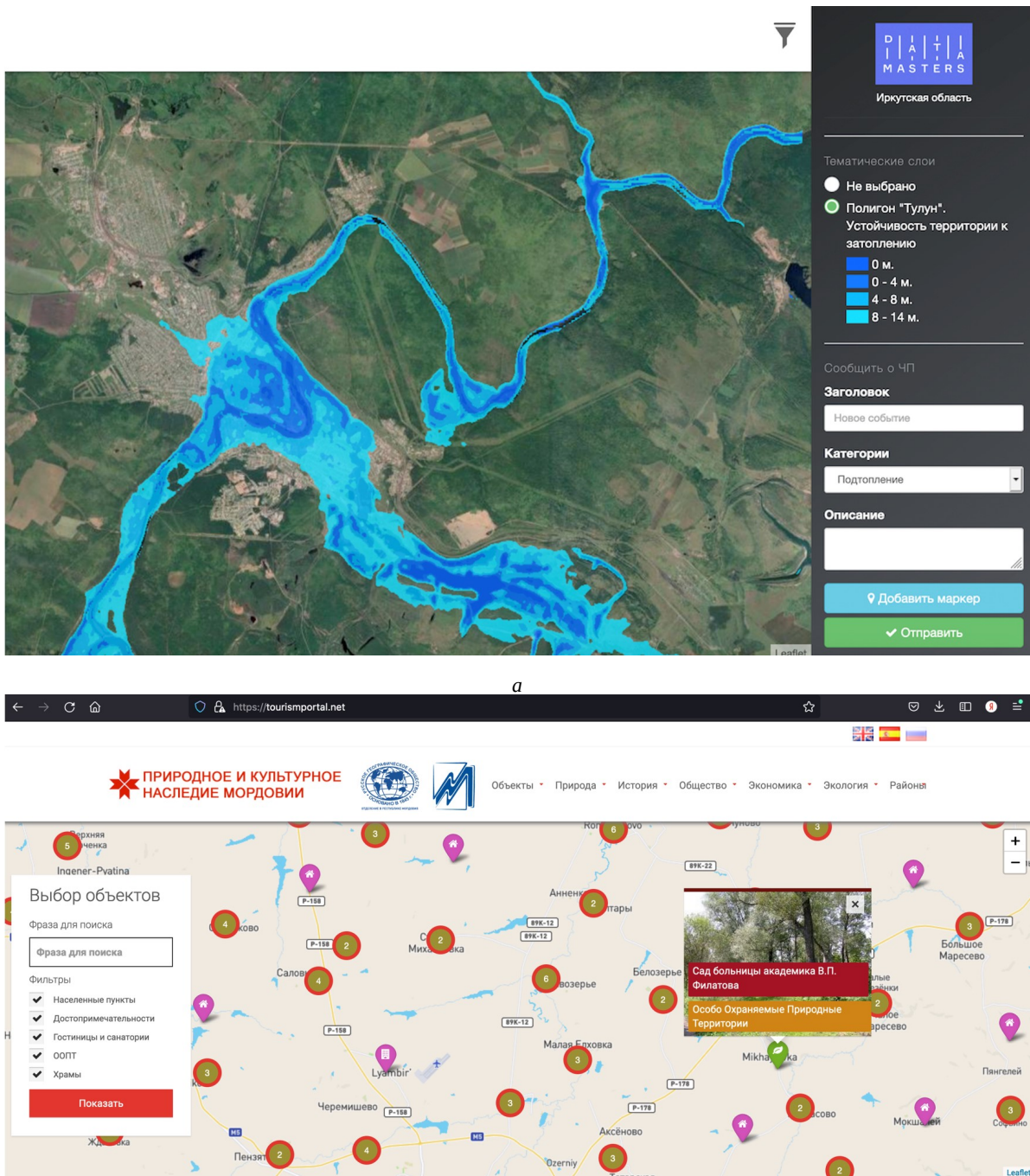


Рис. 3. Цифровые карты геопорталов: а – карта затоплений, составленная на основе анализа цифровой модели рельефа в рамках геопортала, б – карта исторического, природного и культурного наследия (цвет online)



более 800 фотографий объектов природного, исторического и культурного наследия.

Основу контентного наполнения формируют более 1240 информационных блоков о населенных пунктах с информацией о топонимике, географии, истории, размещенных на геопортале с привязкой к электронной карте, 830 объектах культурно-исторического наследия и 95 особо охраняемых природных территориях, описанных с пространственной привязкой к цифровой карте региона. На основе материалов региональной ИПД, синтезированных, в частности, с применением новых методов и алгоритмов машинного анализа пространственных данных, в рамках проекта разработано 139 тематических масштабируемых карт разной тематической направленности. Карты растительности, ландшафтов и эрозионных процессов разработаны и актуализируются на основе новых методов и алгоритмов.

Выводы

1. Решение задачи построения проблемно ориентированных геоинформационных систем, обеспечивающих процесс междисциплинарного исследования метагеосистем для решения задачи управления территориальными системами, должно опираться на фундаментальные принципы и методы, определяющие научно обоснованные способы анализа больших массивов пространственных данных, построения программно-аппаратных систем хранения, визуализации и распространения пространственно-временных данных посредством современных веб-технологий.

2. Геопорталы представляют собой технологическую основу, реализующую возможность и право граждан, специалистов, управленцев и ученых на получение и распространение пространственной информации, и становятся форпостами устойчивого эколого-социально-экономического развития регионов. В рамках внедрения геопортальных систем актуально решение задач консолидации и визуализации пространственных данных, управления распределенными в пространстве объектами посредством отправки управляющих команд через подсистему диспетчеризации, внедрения алгоритмов автоматизации и интеллектуальных алгоритмов. Совместное использование дедуктивной и индуктивной стратегий обеспечит эволюционное улучшение каркаса построения геопортальных систем, а также оптимизацию частных решений, разрабатываемых на его основе.

3. Для повышения надежности и отказоустойчивости хранилища данных ИПД целесообразно

использовать подход, ориентированный на разработку системы микросервисов. В системе ИПД можно выделить следующие ограниченные контексты для микросервисов: геопорталы, системы анализа, обработки и управления пространственными данными, а также распределенные облачные мультимодельные хранилища, основанные на функциональных возможностях СУБД разных классов.

4. Консолидация данных в цифровых ИПД имеет особое значение для решения задачи информационного обеспечения проектной деятельности в области междисциплинарных исследований, основанных на использовании пространственных данных. В качестве примера реализации геопортальных систем в статье представлены проектное решение «Прогнозирование уровней подъема воды в период половодья» и геопортальная система «Природное и культурное наследие Республики Мордовия», выполняющая функцию организации управления системами культурного и исторического наследия.

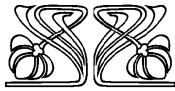
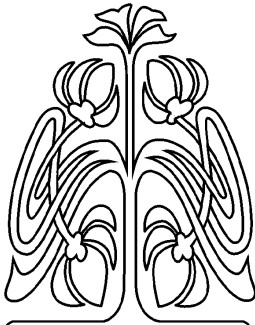
Библиографический список

1. Космачев К. П. Проблемы экономико-географической экспертизы информационной базы территориальной организации производства // Доклады Института географии Сибири и Дальнего Востока. 1974. № 45. С. 3–11.
2. Кошкарев А. В., Антипов А. Н., Батуев А. Р., Ермошин В. В., Каракин В. П. Геопорталы в составе инфраструктур пространственных данных: российские академические ресурсы и геосервисы // География и природные ресурсы. 2008. № 1. С. 21–32.
3. Черкашин А. К. Метатеоретическое системное моделирование природных и Социальных процессов и явлений в неоднородной среде // Информатика и математические технологии в науке и управлении. 2019. № 1 (13). С. 61–84.
4. Кошкарев А. В. Образовательные геопорталы: данные и сервисы // Геодезия и картография. 2017. Т. 78, № S17-1. С. 33–40.
5. Yamashkin A. A., Yamashkin S. A., Aksyonova M. Y., Cimbalević M., Demirović D., Vuksanović N., Milentijević N. Cultural landscapes space-temporal systematization of information in geoportals for the purposes of region tourist and recreational development // Geojournal of Tourism and Geosites. 2020. Vol. 29, № 2. P. 440–449.
6. Yamashkin S. A., Radovanović M. M., Yamashkin A. A., Barmin A. N., Zanozin V. V., Petrović M. D. Problems of designing geoportals interfaces // Geojournal of Tourism and Geosites. 2019. Vol. 24, № 1. P. 88–101.
7. Jamshidi P., Pahl C., Mendonça N. C., Lewis J., Tilkov S. Microservices: The journey so far and challenges ahead // IEEE Software. 2018. Vol. 35, № 3. P. 24–35.

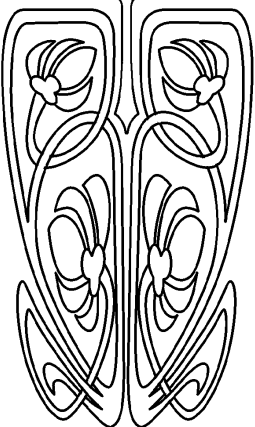
Поступила в редакцию 31.07.2022; одобрена после рецензирования 20.02.2022; принята к публикации 01.09.2022
The article was submitted 31.07.2022; approved after reviewing 20.02.2022; accepted for publication 01.09.2022



ГЕОЛОГИЯ



НАУЧНЫЙ
ОТДЕЛ



Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2022. Т. 22, вып. 4. С. 262–267

Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences, 2022, vol. 22, iss. 4, pp. 262–267

<https://geo.sgu.ru> <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2022-22-4-262-267>, EDN: FHAQPE

Научная статья

УДК 550.831:550.838:551.243

К вопросу о геологической природе неоднородностей кристаллического фундамента Восточно-Европейской платформы

В. А. Огаджанов[✉], Е. Н. Волкова

Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, Россия, 410012, г. Саратов, ул. Астраханская, д. 83

Огаджанов Виктор Александрович, доктор геолого-минералогических наук, профессор, ozhva@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2645-4110>

Волкова Елена Николаевна, кандидат геолого-минералогических наук, доцент, заведующий кафедрой геофизики, volkovaen@info.sgu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7620-3440>

Аннотация. На основе анализа гравитационных и магнитных аномалий восточной части Восточно-Европейской платформы делается вывод о присутствии в земной коре неоднородностей, обусловленных процессами серпентинизации. Этот вывод подтверждается проведением геолого-геофизических исследований на эталонных объектах с выходами серпентинитов.

Ключевые слова: гравитационные аномалии, магнитные аномалии, магнитные свойства горных пород, плотность, серпентинизация

Для цитирования: Огаджанов В. А., Волкова Е. Н. К вопросу о геологической природе неоднородностей кристаллического фундамента Восточно-Европейской платформы // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2022. Т. 22, вып. 4. С. 262–267. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2022-22-4-262-267>, EDN: FHAQPE

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

Article

On the question of the geological nature of the crystalline basement inhomogeneities of the East European Platform

V. A. Ogadzhyanov[✉], E. N. Volkova

Saratov State University, 83 Astrakhanskaya St., Saratov 410012, Russia

Viktor A. Ogadzhyanov, ozhva@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2645-4110>

Elena N. Volkova, volkovaen@info.sgu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7620-3440>

Abstract. Based on the analysis of gravitational and magnetic anomalies of the eastern part of the East European Platform, it is concluded that inhomogeneities caused by serpentinization processes are present in the Earth's crust. This conclusion is confirmed by conducting geological and geophysical studies on reference objects with serpentinite outcrops.

Keywords: gravitational anomalies, magnetic anomalies, magnetic properties of rocks, density, serpentinization

For citation: Ogadzhyanov V. A., Volkova E. N. On the question of the geological nature of the crystalline basement inhomogeneities of the East European Platform. *Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences*, 2022, vol. 22, iss. 4, pp. 262–267 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2022-22-4-262-267>, EDN: FHAQPE

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



Введение

Один из наиболее сложных и важных вопросов глубинного строения древних платформ – геологическая природа их неоднородностей.

Во многом сведения о геологической природе структурно-вещественных неоднородностей можно получить на основе комплексного анализа геофизических данных. Гравитационные и магнитные аномалии отражают наиболее важные особенности неоднородностей земной коры. Поэтому необходимым этапом анализа данных региональных геофизических исследований является интерпретация магнитного и гравитационного полей.

На востоке Восточно-Европейской платформы в составе фундамента широко распространены основные интрузивные породы, которые вскрыты многими скважинами, как правило, в зонах больших разломов. Эти породы обычно представлены типичными габбро и габбро-норитами, которые тесно ассоциируются с парагнейсовым комплексом [1]. Такие интрузивные массивы, имея высокие значения плотности и намагниченности, зачастую отражаются совпадением положительных аномалий гравитационного и магнитного полей.

На основании изучения физических свойств горных пород востока Восточно-Европейской платформы и ее обрамления (Волго-Уральской антеклизы, Воронежского кристаллического массива, Кавказа, Урала) были определены основные аномалиеобразующие породы кристаллического фундамента [2].

Посредством комплексного анализа гравитационных и магнитных полей востока Восточно-Европейской платформы выявлены аномалии, которые объясняются неоднородностями кристаллической коры, обладающими низкими значениями плотности и высокими значениями намагниченности.

Вопрос о геологической природе низкоплотных и высокомагнитных неоднородностей ранее рассматривался; в связи с этим был сделан вывод о том, что подобные комплексы земной коры в наибольшей степени могут соответствовать серпентинизированным образованиям [2, 3].

Интерпретация аномалий потенциальных полей по региональным профилям на ряде участков востока Восточно-Европейской платформы позволила выделить парагенетически связанные гравитационные и магнитные аномалии, когда гравитационные минимумы в редукции Буге (Δg_B) соответствуют магнитным максимумам (ΔT) [2, 3].

Заключение о правомерности выводов о связи гравитационных минимумов и магнитных максимумов с неоднородностями земной коры, обусловленных серпентинизацией, можно сделать на основе геолого-геофизических исследований, выполненных на эталонных объектах

с выходами серпентинитов и известной физико-геологической характеристикой.

Методика исследований

Проведены анализ и обобщение данных о плотностях и магнитных свойствах горных пород по литературным и фондовым материалам. Физические свойства серпентинитов и других горных пород, слагающих кристаллическую кору, исследованы по материалам глубокого бурения на Волго-Уральской антеклизе, Воронежском кристаллическом массиве (ВКМ), а также в районах складчатых сооружений Кавказа и Урала.

Для складчатого сооружения Урала в кислых и средних породах плотность изменяется от $2,57 \cdot 10^3$ до $2,83 \cdot 10^3$ кг/м³. Породы представлены гранитами, гранодиоритами и сиенитами. Среди ультраосновных пород дунит серпентинизированный имеет среднюю плотность $3,02 \cdot 10^3$ кг/м³, а перидотит пироксеновый – $3,12 \cdot 10^3$ кг/м³. Из метаморфических пород минимальными значениями плотности отличается серпентинит – $2,66 \cdot 10^3$ кг/м³, а максимальными – эклогит со значениями $2,82$ – $3,35 \cdot 10^3$ кг/м³. В состав ультраосновных пород входит перидотит серпентинизированный с плотностью $2,77 \times 10^3$ – $3,05 \cdot 10^3$ кг/м³, пироксенит с плотностью $3,2 \cdot 10^3$ кг/м³ и пироксенит амфиболовый – $3,25 \times 10^3$ кг/м³. Метаморфические породы включают сланцы, серпентиниты, мигматиты, амфиболиты и плагиогнейсы. Высокую плотность имеет амфиболит – $2,92 \cdot 10^3$ – $3,01 \cdot 10^3$ кг/м³, серпентинит антигоритовый – $2,81 \cdot 10^3$ – $2,83 \cdot 10^3$ кг/м³, сланец хлорит-серицит-кварцевый – $2,77 \cdot 10^3$ кг/м³, сиенит – $2,71 \cdot 10^3$ кг/м³. Меньше, от $2,62 \cdot 10^3$ кг/м³ до $2,67 \cdot 10^3$ кг/м³, плотность у мигматита-биотита амфиболового, мигматита, плагиогнейса и сланца биотит-кварцевого.

Для серпентинита апоперидотитового ВКМ плотность составляет $2,60 \cdot 10^3$ кг/м³.

Диапазон изменения плотности пород метаморфического комплекса пород Волго-Уральской антеклизы, представленный гнейсами и кристаллосланцами, варьирует в диапазоне $2,61$ – $3,14 \times 10^3$ кг/м³ при величинах магнитной восприимчивости 290 – $1420 \cdot 10^{-5}$ ед. СИ.

Минимальные значения плотности характерны для серпентинитов Кавказа $2,29 \cdot 10^3$ – $2,44 \times 10^3$ кг/м³.

Магнитная восприимчивость интрузивных пород разного состава изменяется в зависимости от среднего содержания в них магнетита, которое увеличивается от 0 до определенного процента, повышающегося от кислых пород к ультраосновным.

Для гранитов Кавказа магнитная восприимчивость составляет $8 \cdot 10^{-5}$ ед. СИ, сиенитов – Урала $1300 \cdot 10^{-5}$ ед. СИ. Максимальными значениями магнитной восприимчивости (до $10000 \times$



$\times 10^{-5}$ ед. СИ) характеризуются габбро-нориты, выявленные на Волго-Уральской антеклизе.

Ультраосновные породы характеризуются наиболее широким диапазоном изменения магнитной восприимчивости – от слабо – (460×10^{-5} ед. СИ) до сильномагнитных (10000×10^{-5} ед. СИ).

Серпентиниты являются магнитными и сильномагнитными породами. Так, например, величина магнитной восприимчивости серпентинитов Кавказа достигает $3000 \cdot 10^{-5}$ ед. СИ.

Сведения о главных аномалиеобразующих комплексах кристаллического фундамента территории востока Восточно-Европейской платформы приведены в табл. 1 [3].

Из анализа физических свойств горных пород, слагающих кристаллическую кору востока Восточно-Европейской платформы и его обрамления, видно, что наиболее низкими значениями плотности характеризуются граниты и серпентинизированные разности пород. Однако у серпентинитов при малых значениях плотности значения магнитной восприимчивости существенно выше, чем у гранитов. Согласно данным [4], при плотности $2,44 \cdot 10^3$ кг/м³ магнитная восприимчивость серпентинитов может достигать $3000 \cdot 10^{-5}$ ед. СИ. Это дает основание полагать, что наиболее интенсивные минимумы аномалий гравитационного поля и максимумы аномалий магнитного поля должны соответствовать блокам серпентинизированных пород.

Выводы о соответствии гравитационных минимумов и магнитных максимумов низкоплотным и высокомагнитным неоднородностям земной коры востока Восточно-Европейской платформы подтверждаются интерпретацией аномалий потенциальных полей по региональным профилям.

При интерпретации в качестве граничных условий задавались значения плотности и магнитных свойств горных пород, определенные

по материалам, доступным в справочной литературе (например, [4, 5, 6] и др.), а также глубины границ раздела земной коры, выделенные по данным сейсморазведки.

Качественная интерпретация основывалась на исследовании амплитуд и морфологии гравитационных и магнитных аномалий и их совместном анализе. Количественная интерпретация потенциальных полей заключалась в определении физических свойств и структуры комплексов пород кристаллического фундамента по профилям длиной не менее 200–300 км.

Проверка гипотезы о соответствии гравитационных минимумов и магнитных максимумов неоднородностям земной коры, обусловленным серпентинизированными горными породами, проведена на эталонных объектах с выходами серпентинитов в районе Даховского кристаллического массива Западного Кавказа.

Для соблюдения условий подобия эталонного объекта серпентинизированному образованию в метаморфизованном фундаменте древних платформ, в пределах Даховского кристаллического массива выбран участок выхода серпентинитов, внедренных по разлому в толщу метаморфического комплекса, представленного амфиболитами, роговиками, мигматитами (табл. 2).

Были отобраны образцы горных пород с различных участков эталонного объекта. На основе петрографического и петрофизического анализа этих образцов, проведенных в СГУ им. Н. Г. Чернышевского, составлена петрофизическая модель эталонного объекта (табл. 2).

Данная петрофизическая модель иллюстрирует тот факт, что из всех породообразующих пород кристаллического массива на эталонном объекте только серпентиниты обладают наиболее низкими значениями плотности, сохраняя при этом высокие значения магнитной восприимчивости.

Таблица 1

Физические свойства главных аномалиеобразующих пород кристаллического фундамента востока Восточно-Европейской платформы

Название пород и их комплексов	Плотность, 10^3 кг/м ³	Магнитная восприимчивость, 10^{-5} ед. СИ
Биотито-гранатовые, биотитопироксеновые, биотитороговообманковые, биотитоплагноклазовые гнейсы и кристаллосланцы	2,70–2,90 (2,80)	300–1400 (850)
Граниты и плагиограниты с гранатитом	2,57–3,00 (2,80)	8–200 (100)
Сиениты	2,71	1300
Габбро-нориты и габбро-диабазы	2,70–3,00 (2,85)	5000–10000 (7500)
Серпентиниты	2,38–2,83 (2,60)	600–3000 (1800)

Примечания. В скобках показаны средние значения физических параметров.



Таблица 2

Физические свойства горных пород эталонного объекта в районе Даховского кристаллического массива

Номер образца	Плотность, 10^3 кг/м^3	Магнитная восприимчивость, 10^{-5} ед. СИ	Название породы
1	2,44	3000	Серпентинит
2	2,52	500–600	Серпентинит
3	2,29	2000–3000	Серпентинит
4	2,64	90–88	Амфиболит полевошпатовый
5	3,02	55	Амфиболит
6	2,79	4800–5000	Амфибол плагиоклазовый – роговик
7	2,79	4800–5000	Мигматит
8	2,66	270	Роговик
9	2,61	4	Пегматит

По профилю длиной примерно 170 м, пересекающему участок выхода серпентинитов на эталонном объекте, были проведены измерения гравитационного и магнитного полей с шагом 10 м. После обработки данных гравиметрической и магнитной съемок над выходами серпентинитов локализовались минимум гравитационного и максимум магнитного полей (рис. 1).

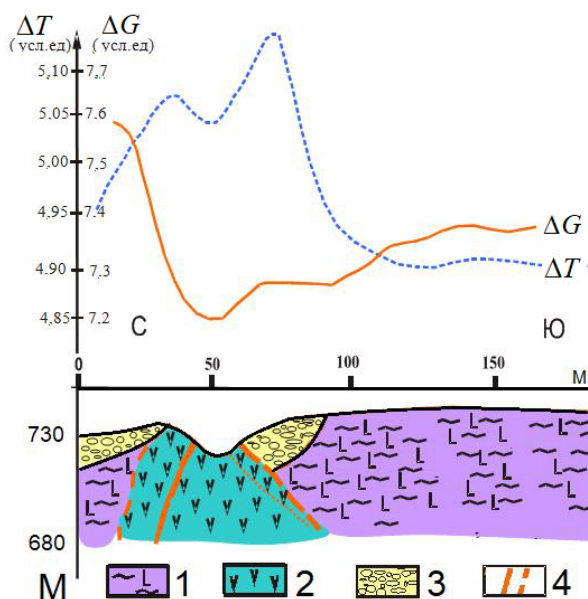


Рис. 1. Физико-геологическая модель эталонного объекта с выходами серпентинитов (составлена по данным В. В. Тимофеева и [3]: 1 – метаморфические породы, 2 – серпентиниты, 3 – галечник, 4 – дизъюнктивные дислокации (цвет online)

Результаты исследований

По результатам интерпретации гравитационных аномалий в кристаллической коре и мантии ряда участков востока Восточно-Европейской платформы установлено, что на фоне нормально

уплотненных пород кристаллического фундамента метаморфического состава с плотностью $2,70\text{--}3,00 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ в нем присутствуют низкоплотные неоднородности, плотность которых составляет $2,55\text{--}2,65 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ (рис. 2). В пределах Восточно-Европейской платформы выявлены регионально выраженные слои разуплотненных комплексов. Поверхность разуплотненных слоев в верхней части земной коры варьирует в среднем диапазоне глубин 5–9 км.

Сопоставление с данными магнитных съемок показывает, что в ряде случаев меньшим глубинам поверхности разуплотненных слоев, определенным по данным гравиразведки, соответствуют максимумы аномалий магнитного поля, а большим глубинам разуплотненных слоев соответственно минимальные значения аномалий магнитного поля (рис. 2).

Был проведен расчет коэффициента корреляции между глубинами поверхности разуплотненного слоя, определенного по данным гравиразведки и значениями магнитного поля по профилю, приведенному на рис. 2 [2].

Величина коэффициента корреляции между указанными параметрами, равная $-0,69$, свидетельствует о тесной связи магнитных аномалий с разуплотненными комплексами пород. Таким образом, очевидна обратная зависимость между глубиной разуплотненных слоев верхней части земной коры, определенной по данным интерпретации гравитационных аномалий и магнитным полем, откуда следует, что разуплотненные комплексы являются магнитоактивными.

Изложенным выше подтверждается вывод о наличии низкоплотных и высокомагнитных комплексов пород в земной коре востока Восточно-Европейской платформы, связанных с серпентинизацией горных пород [2].

Таким образом, по материалам проведенных исследований были выработаны критерии, определяющие физико-геологическую модель неоднородности, обусловленной серпентинизирован-

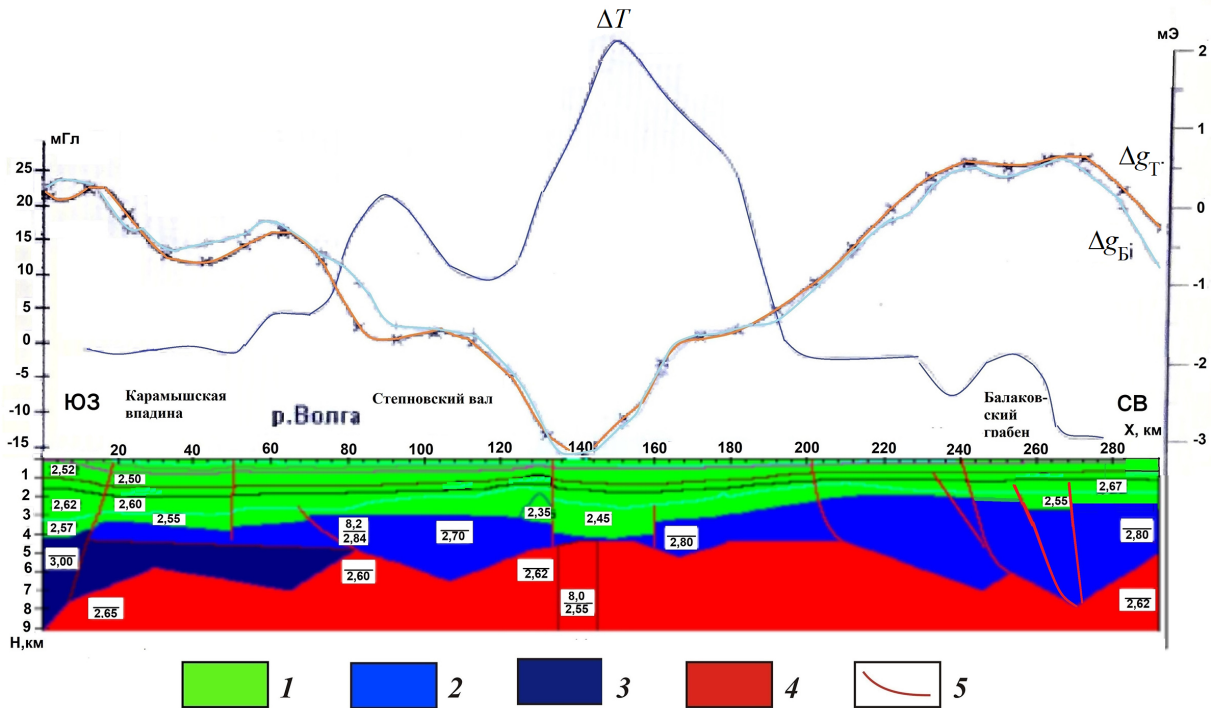


Рис. 2. Геолого-геофизический профиль верхней части земной коры Восточно-Европейской платформы на территории Нижнего Поволжья: 1 – осадочная толща; породы кристаллического фундамента: 2 – нормально уплотненные, 3 – переуплотненные, 4 – разуплотненные; 5 – разломы. ΔT – кривая магнитного поля, Δg_B – кривая гравитационного поля в редукции Буге, Δg_T – кривая гравитационного поля, рассчитанная от модели. На модели показаны значения скоростей сейсмических волн в числителе и плотностей в знаменателе (цвет online)

ными образованиями в земной коре древних платформ.

Отличительными особенностями серпентинизированной неоднородности являются аномально низкие величины плотности (до $2,30 \times 10^3 \text{ кг/м}^3$) и аномально высокие величины магнитной восприимчивости (до $3000 \cdot 10^{-5}$ ед. СИ). На фоне высоких значений плотности и низких значений магнитной восприимчивости горных пород преимущественно метаморфического состава, слагающих кристаллический фундамент древних платформ, серпентинизированные неоднородности могут обусловить достаточно интенсивные минимумы гравитационного и максимумы магнитного полей.

Заключение

Выявление зон серпентинизации имеет большое значение при решении ряда фундаментальных и прикладных геологических задач. Среди основных задач следует выделить такие, как прогнозирование зон возникновения очагов землетрясений и поиски полезных ископаемых [1, 2, 3].

В работах [1, 2, 3] показана эффективность анализа потенциальных полей при изучении вещественных неоднородностей кристаллического фундамента древних платформ, а также сде-

лан вывод о возможной связи гравитационных и магнитных аномалий Восточно-Европейской платформы с серпентинизированными образованиями и зонами геодинамической активности [7, 8].

В части поисков полезных ископаемых следует отметить, что некоторые геологические объекты, например алмазонасные кимберлитовые трубки, будучи связанными с корово-мантийными структурами древних платформ, образовались при метаморфизме горных пород; они характеризуются низкими значениями плотности при сохранении высоких значений намагниченности и отображаются отрицательными аномалиями гравитационного поля и положительными аномалиями магнитного.

Следует обратить внимание на ряд работ, указывающих на непосредственную роль серпентинизации в образовании и формировании скоплений углеводородов; подобные исследования ранее были проведены применительно к Западно-Сибирской молодой платформе [9, 10]. Отсюда становится очевидным интерес к исследованиям по выявлению зон развития серпентинизированных образований, для платформенных территорий в целом.

Тем самым обосновывается актуальность исследований, касающихся связи зон вероятной серпентинизации с аномалиями геофизических



полей, выработки критериев и разработки методов прогноза объектов, связанных с серпентинизацией применительно к решению задач прогноза нефтегазоносности в пределах древних платформ.

Библиографический список

1. Гафаров Р. А. Сравнительная тектоника фундамента и типы магнитных полей древних платформ (Восточно-Европейской, Сибирской и Северо-Американской). Москва : Наука, 1976. 270 с.
2. Огаджанов А. В. О возможной природе зон разуплотнения в земной коре Саратовского участка Поволжья // Недра Поволжья и Прикаспия. 2004. Вып. 40. С. 59–61.
3. Огаджанов В. А., Огаджанов А. В. Аномалии геофизических полей при дилатации горных пород // Геофизика. 2013. № 6. С. 65–69.
4. Физические свойства горных пород и полезных ископаемых : справочник геофизика / под редакцией Н. Б. Дортман. Москва : Недра, 1984. 455 с.
5. Геофизические и геохимические исследования глубинных зон земной коры. Москва : Недра, 1983. 177 с.
6. Физические свойства осадочного покрова территории СССР: справочник / под редакцией М. Л. Озерской и Н. В. Подобы. Москва : Недра, 1967. 772 с.
7. Огаджанов А. В. Физико-геологические модели сейсмогенерирующих неоднородностей земной коры Среднего и Нижнего Поволжья : автореферат диссертации ... кандидата геолого-минералогических наук. Саратов, 2007. 16 с.
8. Огаджанов В. А., Огаджанов А. В. К вопросу о возникновении очагов землетрясений при дилатации горных пород // Геофизика. 2016. № 3. С. 34–39.
9. Разницын Ю. Н., Гогоненков Г. Н., Загоровский Ю. А., Трофимов В. А., Федонкин М. А. Серпентинизация мантийных перидотитов как основной источник глубинных углеводородов Западно-Сибирского нефтегазоносного бассейна // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2020. № 1, вып. 45. С. 66–88.
10. Цепляева А. И. Моделирование залежей нефти в коллекторах палеозойского фундамента на основе комплексов геолого-геофизических и промысловых данных (на примере одного из месторождений Краснотуркменского свода) : диссертация ... кандидата геолого-минералогических наук. Тюмень, 2018. 142 с.

Поступила в редакцию 16.06.2022; одобрена после рецензирования 15.07.2022; принята к публикации 01.09.2022
The article was submitted 16.06.2022; approved after reviewing 15.07.2022; accepted for publication 01.09.2022



Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2022. Т. 22, вып. 4. С. 268–282

Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences, 2022, vol. 22, iss. 4, pp. 268–282

<https://geo.sgu.ru>

<https://doi.org/10.18500/1819-7663-2022-22-4-268-282>, EDN: GCBTJW

Научная статья

УДК 56.074.6(116:470)



Биогенная составляющая фосфоритового горизонта среднего турона в разрезе Сеноманская стенка.

Статья 1. Материал и палеоэкологический анализ

Е. М. Первушов

Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, Россия, 410012, г. Саратов, ул. Астраханская, д. 83

Первушов Евгений Михайлович, доктор геолого-минералогических наук, pervushovem@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7962-0274>

Аннотация. Представлен анализ таксономического состава и условий обитания представителей морской биоты среднего – позднего сеномана и среднего турона. Фоссилии выделены и изучены по материалам объемной пробы, которая была отобрана из фосфоритового горизонта, залегающего в подошве карбонатных пород среднего турона в разрезе Сеноманская стенка (Волгоградская область, Жирновский район).

Ключевые слова: верхний мел, сеноман, турон, концентрированное образование, фосфориты, тафономия, палеоэкология

Для цитирования: Первушов Е. М. Биогенная составляющая фосфоритового горизонта среднего турона в разрезе Сеноманская стенка. Статья 1. Материал и палеоэкологический анализ // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2022. Т. 22, вып. 4. С. 268–282. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2022-22-4-268-282>, EDN: GCBTJW

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

Article

The biogenic component of the Middle Turonian phosphorite horizon from the Senomanskaya Stenka section. Paper 1. Materials and paleoecological analysis

E. M. Pervushov

Saratov State University, 83 Astrakhanskaya St., Saratov 410012, Russia

Evgeny M. Pervushov, pervushovem@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7962-0274>

Abstract. The paper analyzes the taxonomic composition and the habitat of the representatives of the Middle – Late Cenomanian and the Middle Turonian marine biota. The examined fossils have been isolated from the bulk sample obtained from the phosphorite horizon lying in the bottom of the Middle Turonian carbonate rocks in the Senomanskaya Stenka section (Volgograd Region, Zhirnovsk district).

Keywords: Upper Cretaceous, Cenomanian, Turonian, concentrated mass, phosphorites, taphonomy, paleoecology

For citation: Pervushov E. M. The biogenic component of the Middle Turonian phosphorite horizon from the Senomanskaya Stenka section. Paper 1. Materials and paleoecological analysis. *Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences*, 2022, vol. 22, iss. 4, pp. 268–282 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2022-22-4-268-282>, EDN: GCBTJW

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

Полевая юность, молодость прошла,
а фоссилии остались ...

Введение

В середине 90-х годов было предпринято изучение базальных образований, фосфоритовых горизонтов, которые по преобладанию в их составе тех или иных фоссилий, известны в структуре верхнемеловых отложений Поволжья как «губковые» и «зубные» горизонты, устричные и брахиоподовые банки. Некоторые из этих образований ранее рассматривались как маркирующие уровни

при геолого-съёмочных работах и структурных построениях [1, 2]. Для сотрудников кафедры исторической геологии и палеонтологии Саратовского государственного университета (СГУ) этот период ознаменовался освоением навыков тафономического анализа местонахождений морских и континентальных животных [3–7] и появлением активных молодых исследователей. Подобное совпадение способствовало проведению большого объема полевых тематических работ, связанных с изучением конденсированных и концентрированных образований в верхнемеловых



отложениях Поволжья. Изучение и опробование многих опорных разрезов сеноманских и туронских образований способствовало аккумулярованию значительной выборки разнообразного фосфильного материала и его целенаправленному рассмотрению [8]. Начинаящие исследователи принимали участие в полевых работах, сборах, определении и анализе представителей конкретных групп организмов. Некоторые результаты палеонтологического направления этих исследований были представлены в виде диссертаций [9–12] и опубликованы [8, 13–18]. Стратиграфические аспекты проведенных в 90-х годах тематических исследований реализованы при обосновании выделения меловатской (сеноман) и банновской (турон) свит [19–21].

Материал и методика исследований

Фосфоритовые горизонты, заметным компонентом которых являются фоссилии той или иной степени сохранности, отличающиеся по таксономическому составу, оказываются объектом исследований по двум основным аспектам. Первый – это стратиграфическое положение данных образований, когда рассматривается возможность их использования для расчленения и сопоставления отложений, в которых они заключены. Второй аспект – определение генезиса скоплений фосфоритовых желваков, без привлечения материалов геохимических исследований, а на основе реконструкции событий, которые не сохранились в нормальной последовательности осадочных пород, но предшествовали формированию прослоев фосфоритовых включений. До настоящего времени вопросы стратиграфического положения и структурно-фациальной приуроченности фосфоритовых горизонтов в структуре верхнемеловых отложений Поволжья не нашли однозначного решения [22]. Скопления желваковых фосфоритов характеризуются разнообразным литологическим составом и сложением, насыщенностью фоссилиями, при этом природа такого многообразия недостаточно раскрыта.

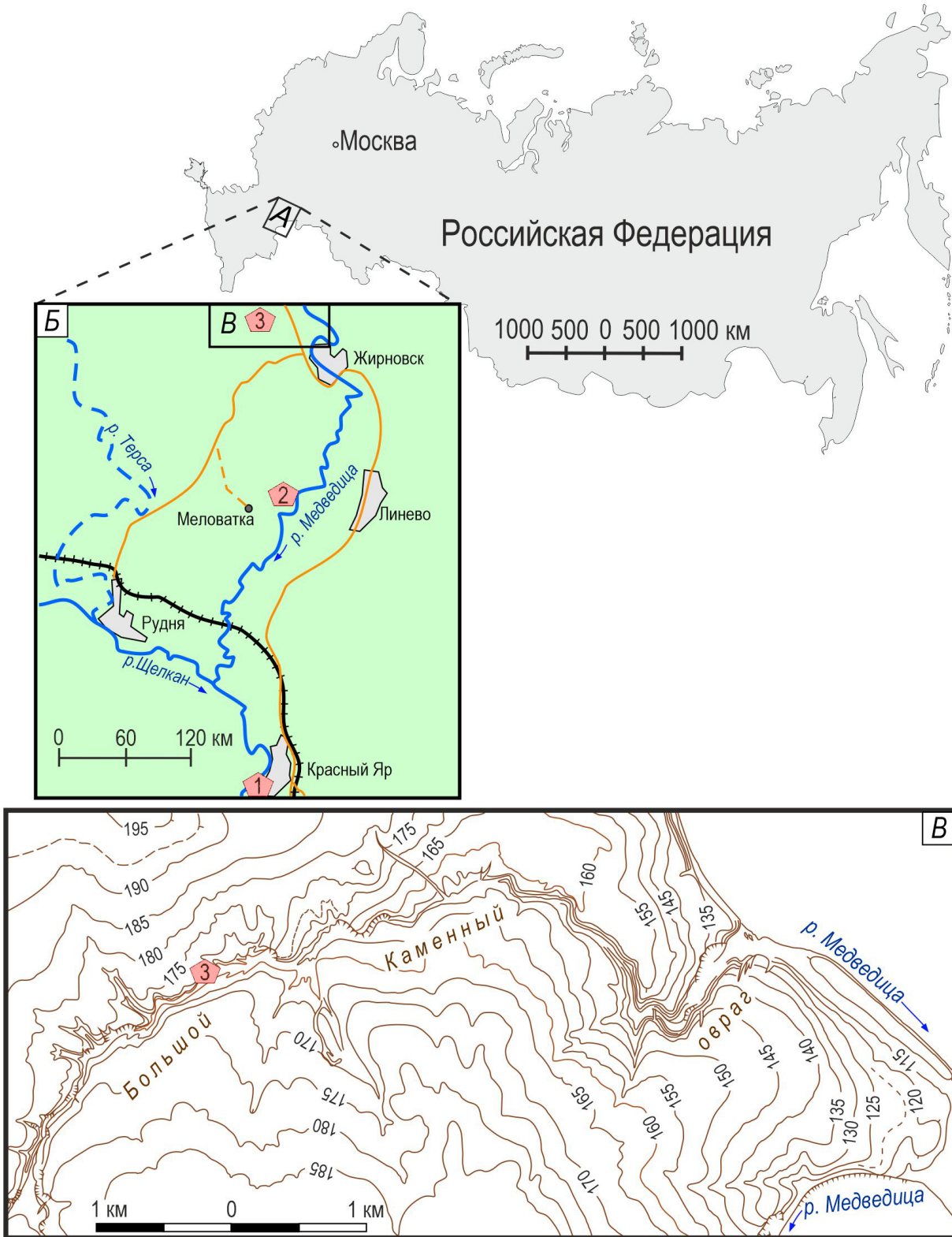
Предварительное палеоэкологическое и тафономическое рассмотрение концентрированных захоронений фоссилий морских организмов показало возможность реконструкции событий «усредненного времени», следы которых могут быть выявлены в строении фосфоритовых горизонтов. Изначально рассмотрение конденсированных и концентрированных образований основывалось на известных подходах полевого палеоэкологического – тафономического – изучения местонахождений морских беспозвоночных [23–30], при рассмотрении литологических характеристик стратиграфических перерывов [31–33] и с учетом теоретических предпосылок [28–30, 34–36]. Полученные материалы палеоэкологического свойства были

дополнены результатами биостратиграфического анализа.

Исходными объектами тематических исследований выбраны известные и доступные для изучения обрывы в районе села Меловатка, рабочего поселка Красный Яр и разрез Сеноманская стенка в Большом Каменном овраге, вблизи г. Жирновск [37–44]. Эти объекты расположены в пределах и в непосредственной близости от Жирновского полевого полигона СГУ (рис. 1–4). В этих разрезах, в основании карбонатных пород турона, перекрывая пески и алевролиты сеномана, прослеживается прослой фосфоритовых желваков, иногда в виде плиты.

На разрезах, в которых прослежен фосфоритовый горизонт или уровень линз фосфоритовых включений с фоссилиями, выполнялся раскоп глубиной до выбранного прослоя и на площади в 1 м² выбирался весь слагающий его терригенный материал, вне зависимости от мощности данного образования. Поэтому исходный объем проб, взятых из разных разрезов, существенно отличается даже при сопоставлении синхронных интервалов. В дальнейшем материал пробы промывался проточной водой для удаления псаммитовой, пелитовой и/или карбонатной составляющих. На следующем этапе терригенный материал раскладывался на плоской пологонаклонной поверхности, где неоднократно промывался, и из него выбирались все фоссилии любой сохранности. Палеонтологический материал разделялся на ихнофоссилии и фоссилии. Далее изучалась только биогенная составляющая пробы (таблица), в составе которой выделялись стратифицированные, разновозрастные подкомплексы или один синхронный ориктокомплекс. В составе каждого синхронного комплекса или подкомплекса проводился количественный анализ установленных таксономических и экологотрофических группировок, выделенных типов сохранности фоссилий. В определении иноцераров и цефалопод принимал участие В. Б. Сельцер, двусторчатых моллюсков и фосфатнораковинных брахиопод-дисцинисков – А. В. Иванов, эласмобранхий и химер – Е. В. Попов, материал по тетраподам концентрировался у М. С. Архангельского. В настоящее время позднемеловых замковых брахиопод изучает Е. И. Ильинский, эласмобранхий – А. В. Бирюков, бентосных фораминифер – И. П. Рябов. Геологическое описание разреза, палеоэкологический и тафономический анализ подготовил автор публикации. В полевых работах и разборе объемных проб фосфоритовых горизонтов из сеноманских и туронских пород принимали участие, в составе студенческих отрядов геологического факультета СГУ, Т. И. Бишев и М. В. Сурков.

В ходе разбора и анализа большого количества терригенного и палеонтологического материала, извлеченного из фосфоритовых горизонтов, выработан алгоритм рассмотрения фос-



1 Разрезы Красный Яр-1 (1), Меловатка-7, -9 (2), Сеноманская стенка (3)

Рис. 1. Расположение разрезов пограничных интервалов сеноманских – туронских отложений, в которых отобраны объемные пробы из базальных интервалов пород среднего турона: А – положение района исследований на юго-востоке европейской части России, Б – взаиморасположение разрезов Красный Яр-1, Меловатка-7, -9 и Сеноманская стенка, В – местоположение разреза Сеноманская стенка в Большом Каменном овраге (цвет online)

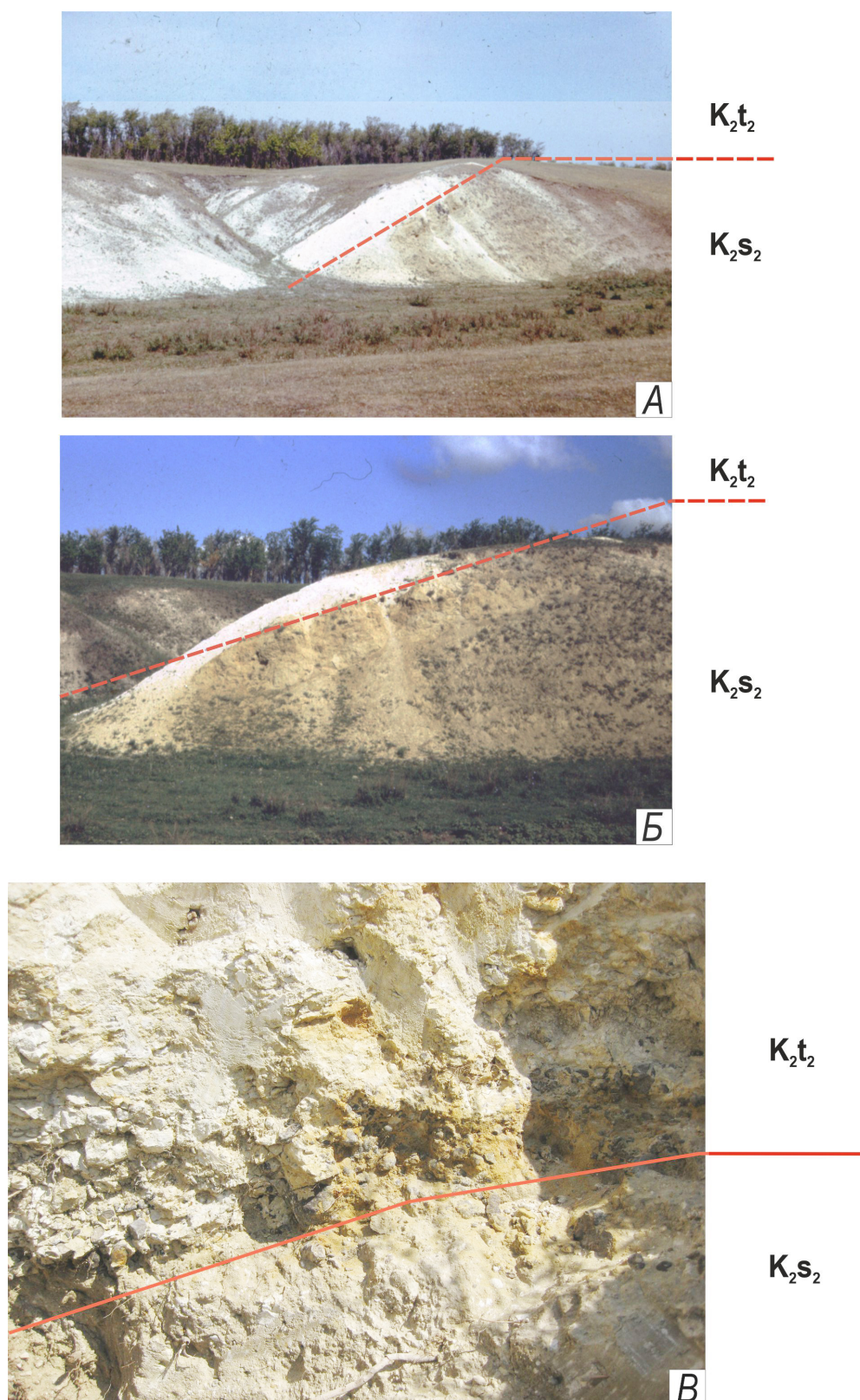


Рис. 2. Разрез Сеноманская стенка: А – левый борт Большого Каменного оврага на участке выхода верхнемеловых отложений, Б – общий вид разреза, В – детальное строение фосфоритового горизонта в подошве мергелей среднего турона (1982–2009 гг.) (фото Е. М. Первушова) (цвет online)

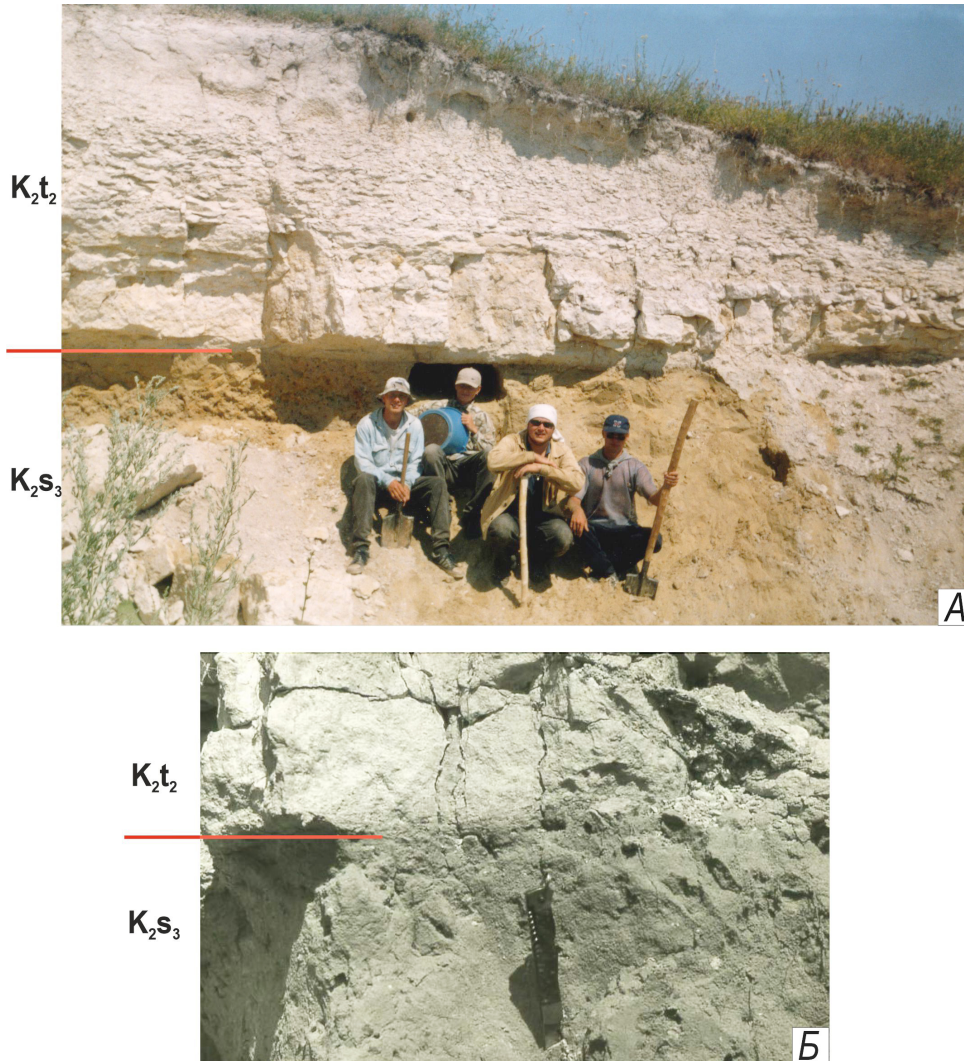


Рис. 3. Разрез Меловатка-7: А – общий вид разреза, подошва мергелей среднего турона отчетливо прослеживается, Б – детальное отображение пограничного интервала верхнего сеномана и среднего турона, в подошве мергелей отсутствуют фосфоритовые включения и распространены короткие вертикальные ходы (1993–2001 гг.) (фото Е. М. Первушова) (цвет online)

сильной составляющей объемной пробы (см. таблицу). В работе представлены результаты изучения палеонтологического материала объемной пробы, которая была взята в разрезе Сеноманская стенка, из фосфоритового горизонта, залегающего в основании среднетуронских мергелей. Объем биогенной составляющей пробы – 635 фоссилий (рис. 5).

В последующем методика отбора объемных проб совершенствовалась, терригенный материал промывался и отсеивался на фракции с применением комплексах сит с целью выделения мелкоразмерных беспозвоночных и элементов скелета рыб. Материалы проб по скоплениям терригенно-биогенных включений были отобраны из сеноманских (Мирошники, Нижняя Банновка, Карамышка), сантонских (разрезы Вольской

структурной зоны) и кампанских (Белое Озеро, Карякино) отложений Поволжья.

Описание разреза Сеноманская стенка

Невысокий обрыв в левом борту Большого Каменного оврага (см. рис. 2), с запада ограниченный коротким распадком. В верхней его части отчетливо прослеживаются мергели банновской свиты, а нижние две трети разреза слагают алевриты меловатской свиты. Угол падения по прослою фосфоритовых включений достигает 30–32° в западном направлении. В последние годы площадь выхода коренных пород в этом обнажении сокращается, его поверхность делювируется и зарастает [45]. Описание снизу вверх (рис. 6).

Сеноманский возраст рассматриваемых отложений установлен при сопоставлении со стра-

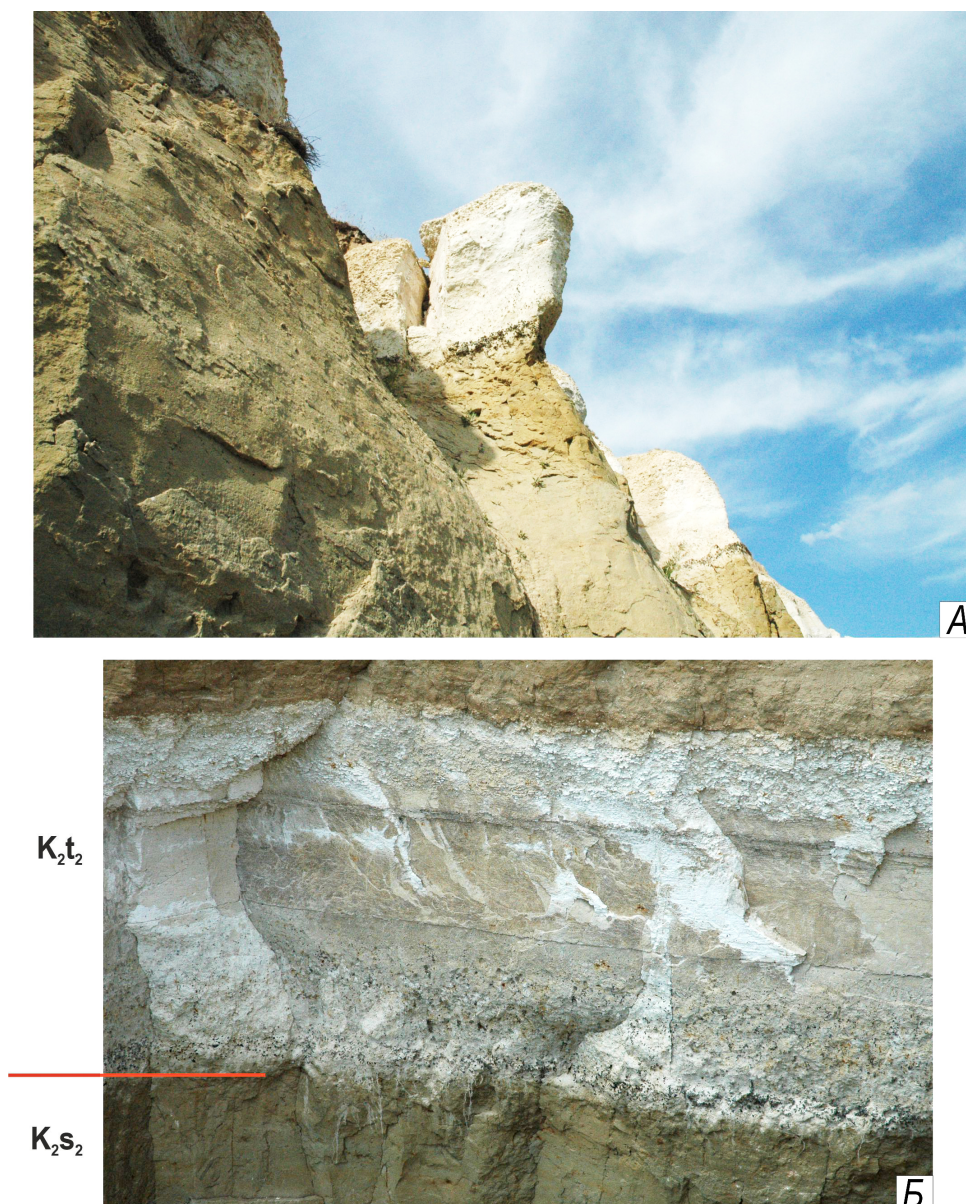


Рис. 4. Разрез Красный Яр-1: А – общий вид разреза от его основания, в подошве мергелей среднего турона отчетливо прослеживается фосфоритовый горизонт, Б – детальное отображение пограничного интервала среднего сеномана и среднего турона, фосфоритовые включения рассеяны или составляют плиту (2004–2008 гг.) (фото Е. М. Первушова) (цвет online)

тиграфически более полными разрезами в районе с. Меловатка [46], где стратиграфическое положение средне- и верхнесеноманских пород установлено по находкам беспозвоночных и зубов эласмобранхий.

Меловатская свита ($K_2 ml_1$). *Нижняя под-свита*

1. Песок кварцевый разнозернистый, белый и светло-желтый, в нижней части с линзами мелкого гравия. Видимая толщина 0,5 м.

2. Алеврит кварцево-глауконитовый, глинистый и слюдястый. Характерны ярко-желтый, красно-желтый цвет породы и большая его плот-

ность. Пелитовый материал распределен в виде линз и прослоев. По прослоям железистых «журавчиков» – ядер мелкоразмерных ихнофоссилий, прослеживается параллельная горизонтальная слоистость. Толщина 1–1,2 м.

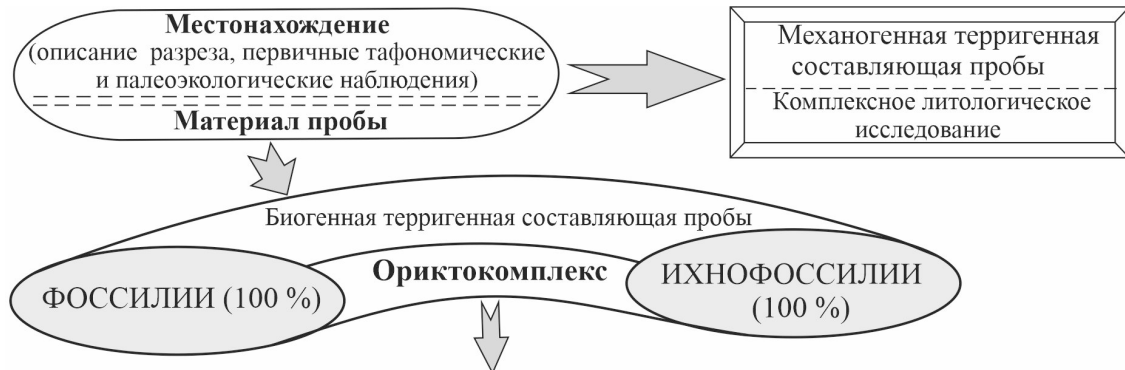
Меловатская свита ($K_2 ml_2$). *Средняя под-свита*

3. Глина серо-синяя, зеленоватая, алевритистая, листовато-комковатая. Близ кровли прослеживается тонкое параллельное пологоволнистое переслаивание глинистых и алевритовых прослоев. Подошва неровная. Толщина 0,5–0,6 м.



Таблица

Алгоритм тафономического и палеоэкологического анализа захоронений морских организмов концентрированного типа



Стратификация комплекса фоссилий в ориктоценозе	СИНХРОННОЕ ЗАХОРОНЕНИЕ (100 %)		Стадийность, продолжительность формирования ориктоценоза
	ГЕТЕРОХРОННОЕ ЗАХОРОНЕНИЕ (А, Б, В, Г, ...)	синхронный подкомплекс А (100 %)	
		синхронный подкомплекс Б (100 %)	

СИНХРОННЫЙ ПОДКОМПЛЕКС А

Палеоэкологическая интерпретация синхронного комплекса (реконструкция сукцессии)	Элементы морского и прибрежно-морского ориктокомплекса (100 %)		Элементы континентального ориктокомплекса (100 %)		Эколого-фациальные условия формирования сообществ, последовательность и направленность сукцессии	
	БЕНТОС		НЕКТОН	«ФАУНА»		«ФЛОРА»
	«инфауна»	«эпифауна»	позвоночные; беспозвоночные (хищники, дурофаги, фитофаги, некрофаги и др.); (прибрежно-мелководные, придонные, неритические, пелагические и др.)	таксономический состав; количественное представительство; эколого-трофические группировки		формы сохранности; таксономический состав; количественное представительство; ландшафтно-климатические ассоциации
	таксономическая и эколого-трофическая структура, «этажность» представителей сообщества, доминанты и специализированные группы	свободно-лежащие, бисусуно-прикрепленные, подвижные детритофаги, якорные и цементно-прикрепленные и другие формы				
эколого-трофическая совместимость элементов синхронных комплексов: 1 – в составе эпифаунных и эпифаунных-инфаунных сообществ; 2 – морской и континентальной биот. Реконструкция сукцессии синхронного комплекса						

Реконструкция последовательности событий, процессов осадконакопления и сукцессии в интервале «потерянного» времени

Биостратиграфия эколого-трофических и таксономических групп	<p>БЕНТОСНЫЕ ФОРМЫ (пример)</p> <p>тип сохранности (раковина, ядро со следами раковины, ядро, отпечаток и т.д.); степень полноты сохранности (сочлененности многокомпонентных форм) фоссилий (двусторчатые, иглокожие и т.п.); характер сохранности (раковина полная, фрагментированная, обломок); фоссилизация (характер замещения первичного матрикса, фазы и агрегаты); проявление биоэрозии (степень и формы проявления, до фоссилизации и т.п.); проявление селективности в сохранности форм и их элементов, в фоссилизации форм и их элементов; окатанность и размерность остатков, доминирующие фракции по нескольким осям включений (анализ распределения фракций)</p>	Характер и стадийность фоссилизации, этапность деструкции автохтонных захоронений, обстановки конечного ориктоценоза
---	---	--

ИХНОФОССИЛИИ (пример)

Типизация ихнотаксонов в составе выделенных групп (капролиты, биоэрозия, ходы, норы, пастбища), «этажность», размерность, тип фоссилизации и характер сохранности и т.д.

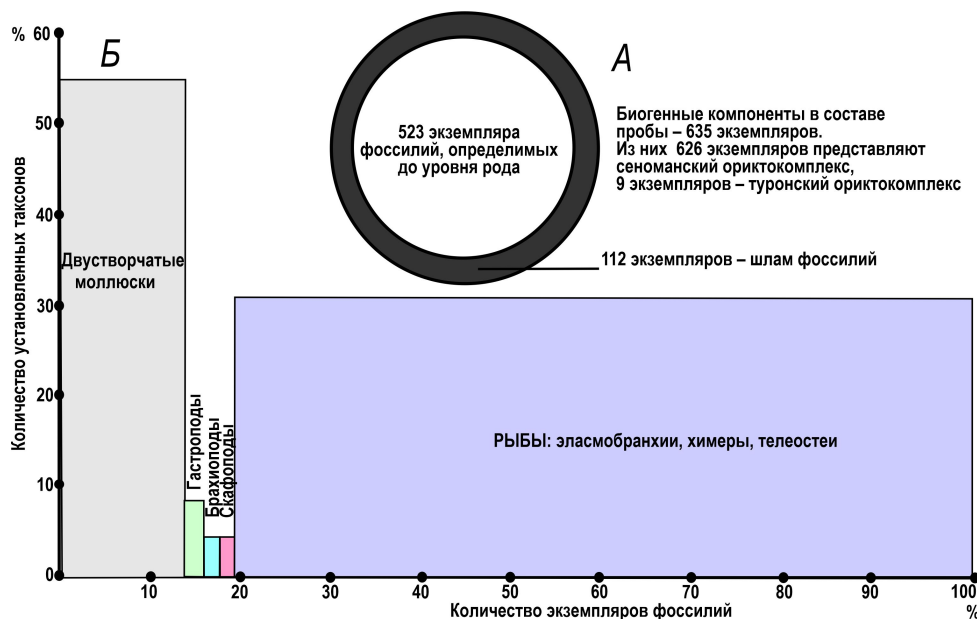


Рис. 5. Объем и структура биогенной составляющей объемной пробы, взятой из фосфоритового горизонта среднего турона в разрезе Сеноманская стенка: А – количество фоссилий, Б – количество таксономических групп в составе сеноманского ориктокомплекса (цвет online)

4. Алевроит кварцево-глауконитовый глинистый с чешуями слюды, светло-желтый и серо-зеленый, в верхней части из-за многочисленных мелких ходов пятнистый. В нижней части прослеживаются горизонтальные прослои глинистого песка. Ближе к подошве распространены окаыши и линзы глин темно-серых. Толщина 1–1,1 м.

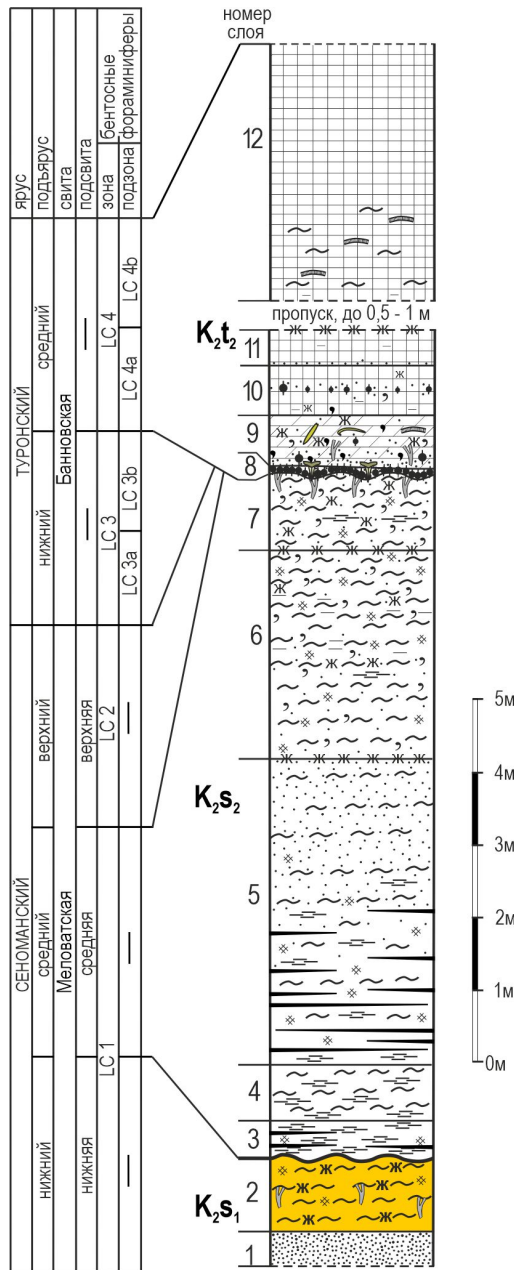
5. Алевроит кварцево-глауконитовый, серо-желтый неравномерно окрашенный, с рассеянными чешуями слюды, с прослоями «журавчиков» – субсферических стяжений окислов железа в верхней части. В основании слоя порода плотная горизонтально тонкослоистая. Толщина 2 м.

6. Алевроит кварцево-глауконитовый, монотонно окрашенный – серо-зеленый и желтоватый, 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, прослои железистых бобовин, между которыми едва прослеживается пологая косая слоистость. Светло-коричневый пелитовый материал образует линзы мощностью до 0,3 м и равномерно рассеян. Толщина 2,8–3,0 м.

7. Алевроит кварцево-глауконитовый, серо-желтый с зеленоватым оттенком, плотный, неравномерно окрашенный из-за пятен гидроокислов железа, неяснослоистый. В верхней части пронизан редкими вертикальными и горизонтальными ходами протяженностью до 0,2–0,3 м, которые заполнены тонкозернистым кварцевым песком с мелкими единичными черными фосфоритами размером до 1–1,5 см. Толщина 1,0–1,2 м.

Туронский ярус. Средний подъярус, зона LC 4 по бентосным фораминиферам [47, 48]. Банновская свита (K₂ bn).

8. Фосфоритовый горизонт. Включения черные, хорошо окатанные, разных очертаний и размеров: от 2–3 мм до 2–5 см. Преобладает терригенный материал дресвяной и гравийной размерности, относительно угловатый, образующий агрегаты размером до 0,1–0,12 м. Явной сортировки этого материала по размерности нет, крупные фосфоритовые желваки встречаются среди мелкозернистой фракции фосфоритов. Крупными размерами отличаются ядра двустворчатых моллюсков, особенно *Venus faba* (Sow.), максимальные размеры ядер которых достигают величины толщины слоя. По простиранию слоя желваки сгружены в плотные скопления или разубожены псаммитовой составляющей. Фоссилии представлены только фосфатными ядрами разной степени сохранности, большей частью они фрагментированы. Среди фоссилий определены двустворчатые моллюски, гастроподы, брахиоподы и скафоподы. Среди дресвяно-гравийной фракции обнаружены фрагменты фосфатизированных раковин моллюсков, лепестковидные фрагменты копролитов, мелкие зубы костистых рыб и эласмобранхий (акул). Эти фоссилии часто заключены в агрегаты фосфоритовых желваков. Фрагменты субполых ядер и стенок ихнофоссилий приурочены к нижней половине слоя, ориентированы горизонтально, их размеры составляют 3–5 см в диаметре и 0,1–0,12 м в длину. Поверхность кровли резкая неровная: большие агрегаты и отдельные крупные фоссилии образуют выступы, которые разделены ноздреватыми



Условные обозначения

	Мел писчий		Чешуи слюды
	Мергель		Гидроокислы железа
	Мергель песчаный		Глауконит
	Мергель глинистый		Фосфоритовые желваки
	Алеврит		Призматический слой иноцерамид
	Алеврит песчаный		Ходы роющих организмов
	Песок		Ростры белемнитов
	Кремнистый материал		Створки устриц
	Пелитовый материал		Зубы хрящевых рыб
	Линзы глин		Алевриты ожеженные

понижениями. Верхняя часть слоя цементирована карбонатно-железистым и песчаным цементом. В подошве фосфоритов прослеживаются линзы песка кварцево-глауконитового мощностью до 1 см, с мелкими окатышами карбонатных пород и гнездами мелкозернистого глинистого песка. Поверхность подошвы четкая неровная. Толщина 0,1 м.

Время окончательного формирования фосфоритового горизонта и возраст перекрывающих карбонатных пород определен как среднетуронский на основании данных изучения бентосных фораминифер [48] и находок ростров белемнитов *Actinocamax intermedius* (Park.) и карбонатных внутренних слепков иноцерамуса *Inoceramus lamarki* Park.

9. Мергель песчаный, неравномерно темно-серый, неяснослоистый. Псаммитовая составляющая кварцево-глауконитовая, разномасштабная. Количество и размеры терригенной составляющей увеличиваются к подошве, где прослеживаются линзы песка и фосфоритовых включений. Найдены фрагменты призматического слоя створок иноцерамусов *Inoceramus lamarki* Park., створки устриц *Monticulina nikitini* (Arkh.), которые отличаются наилучшей сохранностью, ростры белемнитов *Actinocamax intermedius* (Park.), мелкий зуб *Ptychodus mammillaris* (Ag.), фрагмент зуба эласмобранхии и чешуя костистых рыб. Толщина 0,7 м.

10. Мел светло-серый, глинистый и песчаный. Фосфоритовые включения диаметром от 1–2 мм и до 0,5–1 см приурочены к средней части слоя и выше почти не встречаются. Подошва слоя приурочена к уровню распространения коричневых фосфоритовых карбонатно-песчаных окатышей. Толщина 0,8 м.

11. Мел светло-серый песчаный, по направлению к видимой кровле содержание терригенной примеси сокращается. В нижней части распространены редкие фосфоритовые желваки диаметром до 3 мм. В верхней части порода желтого цвета из-за насыщенности алевритовым материалом. Видимая толщина 0,5 м.

Пропуск интервала до 0,5–1 м.

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

Из описания следует, что в разрезе Сенонманская стенка отсутствуют отложения верхнего и частично среднего сеномана, нижнего турона.

Рис. 6. Разрез Сенонманская стенка (Большой Каменный овраг). Положение прослоя фосфоритовых желваков в подошве мергелей среднего турона (банновской свиты) (цвет online)

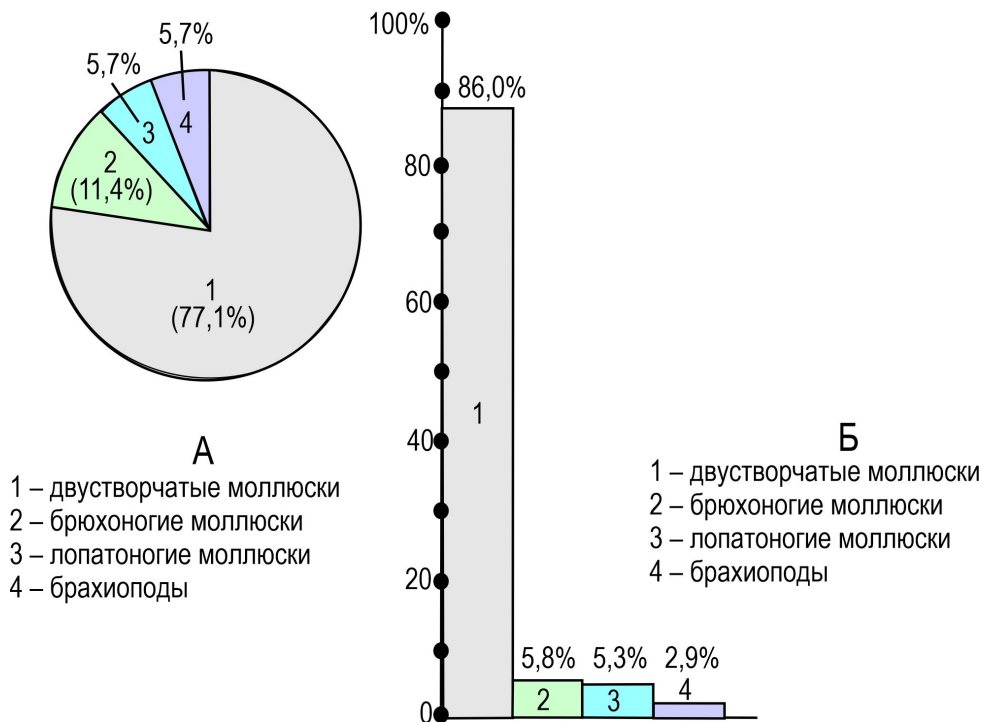


Рис. 7. Основные группы беспозвоночных в составе сеноманского ориктокомплекса (разрез Сеноманская стенка): А – таксономический состав, Б – количество фоссилий (цвет online)

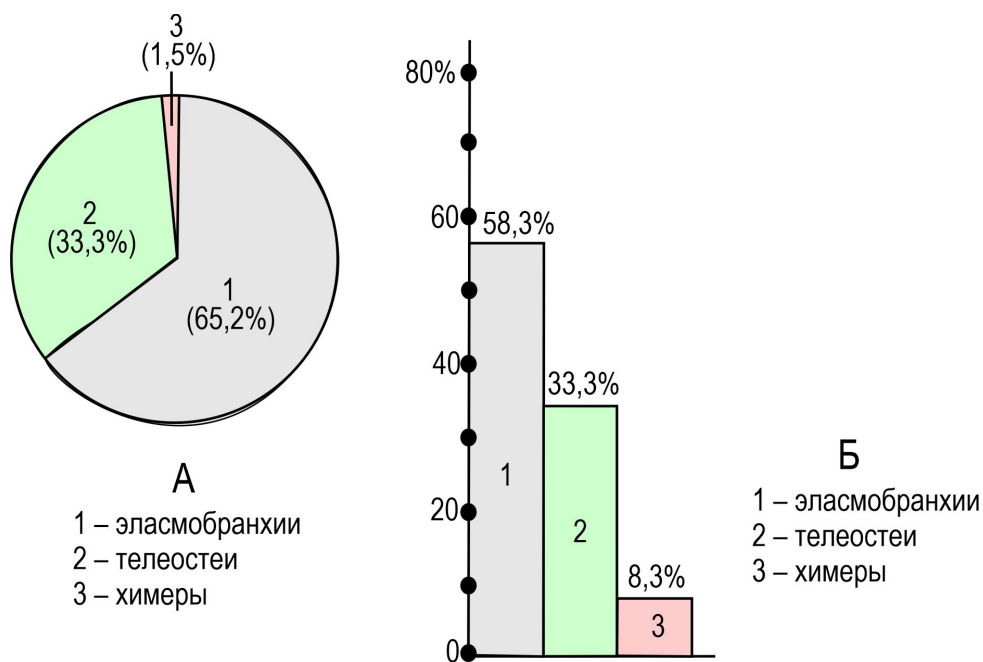


Рис. 8. Основные группы позвоночных в составе сеноманского ориктокомплекса (разрез Сеноманская стенка): А – количество фоссилий, Б – таксономический состав (цвет online)

Характеристика и стратификация ориктокомплекса

Фоссилии, выделенные из материала пробы, по объему соответствуют десятой ее части. В составе ориктокомплекса установлены двустворчатые, брюхоногие, головоногие и лопатоногие моллюски, брахиоподы и позвоночные – эласмо-

бранхии и телеостеи. В количественном отношении доминируют элементы скелета, челюстного аппарата позвоночных (80%) (см. рис. 5).

Установлены представители средне-, поздне-сеноманских сообществ и туронские формы. Стратиграфическое распространение многих

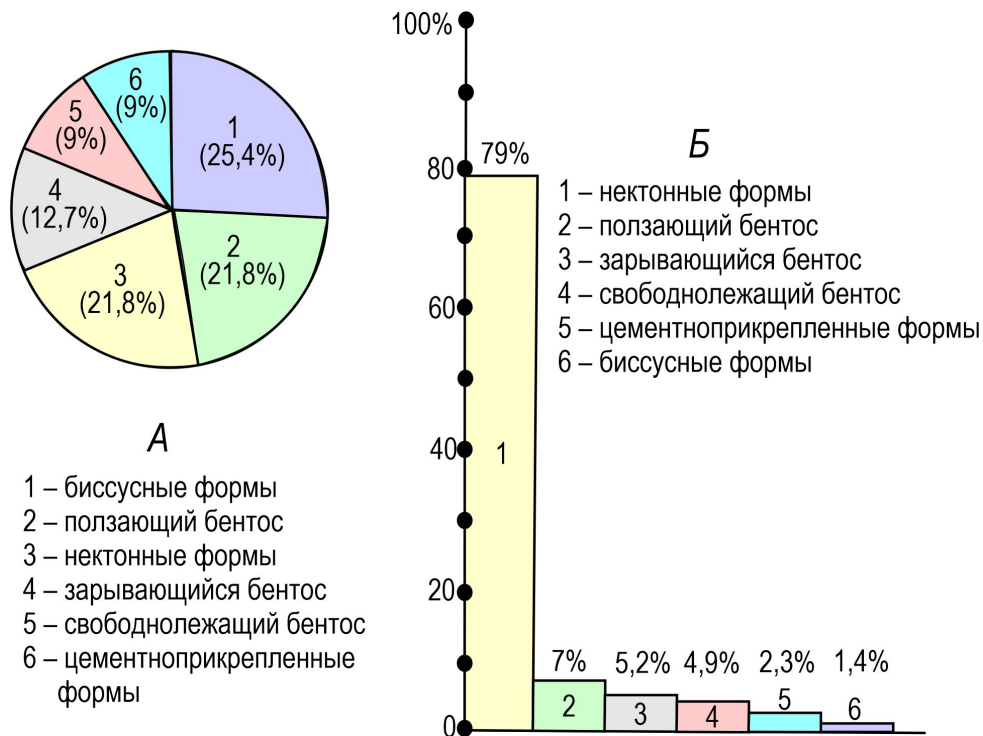


Рис. 9. Экологические группировки сеноманского ориктокомплекса (разрез Сеноманская стенка): А – экологические типы, Б – количество фоссилий (цвет online)

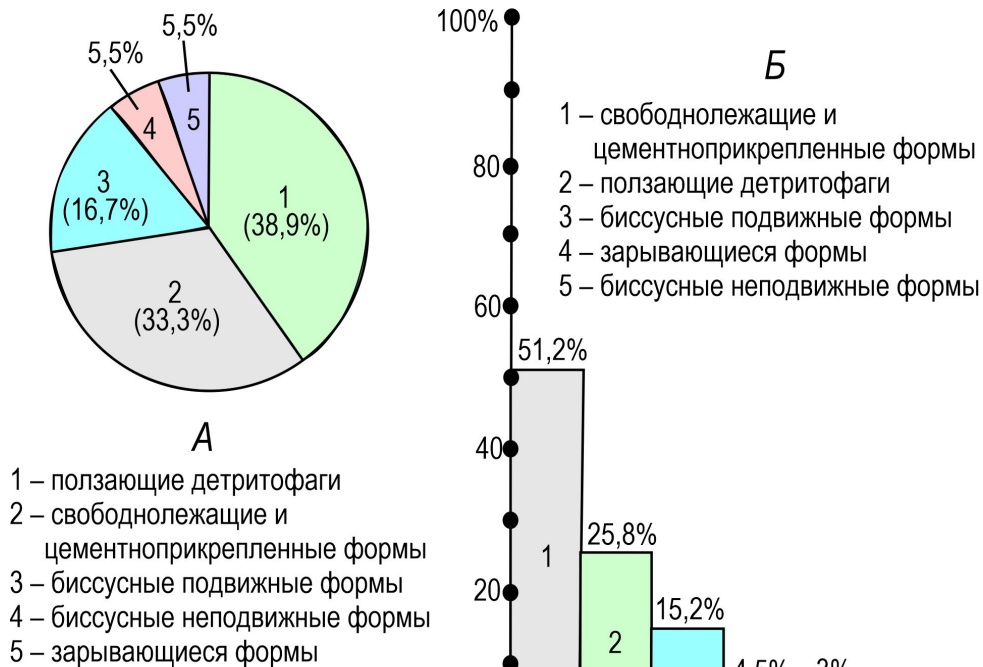


Рис. 10. Экологические группировки в составе бентоса сеноманского ориктокомплекса (разрез Сеноманская стенка): А – экологические типы, Б – количество фоссилий (цвет online)



форм рассматривается широко, в пределах всего сеноманского века, или изучено недостаточно. Но в этом случае степень их фоссилизации и сохранности, полное замещение фосфатом, значительная степень фрагментации и окатанности аналогичны таковым сеноманских фоссилий. Таким образом, в составе ориктокомплекса фосфоритового горизонта, залегающего в подошве пород среднего турона, выделено два подкомплекса – сеноманский и среднетуронский. В количественном отношении, по количеству фоссилий (98%) и по таксономическому составу (96%) преобладают представители сеноманского подкомплекса (см. рис. 5).

Сеноманский подкомплекс представлен формами, которые в Поволжье известны из отложений среднего и верхнего сеномана [14, 16–18].

Палеоэкология. Установлены представители только морских палеобиоценозов. Беспозвоночные характеризуют бентосные поселения и составляют 76% видового состава, а рыбы – нектонные сообщества. По количеству фоссилий бентосные формы составляют лишь 18% от всей биогенной составляющей пробы. Преобладание в ориктоценозе элементов позвоночных объясняется комплексностью их скелета, в частности челюстного аппарата, и, возможно, попаданием остеологического материала в состав рассматриваемого образования на последних фазах его формирования. Соотношение таксономического состава представителей бентоса и нектона (рис. 7–10) до некоторой степени может свидетельствовать о мелководных условиях водной среды до начала образования фосфоритового пляжа.

Бентос (см. рис. 7, 9, 10). Установлены двустворчатые моллюски (77% – видового состава и 71% – количественного представительства), гастроподы (11% и 12% соответственно), денгалиумы (6% и 11%) и брахиоподы (6% и 6%). Соотношение представителей бентосных групп характерно для палеобиоценозов сеномана Русской плиты, с учетом отсутствия аммонитов, иглокожих и мшанок, распространение которых связывается южными палеобиоценозами [25, 26, 49–51]. В палеоэкологическом отношении среди бентоса установлены представители инфауны (24% – видового состава и 22% – количественного представительства) и эпифауны. Среди последних выделены свободнoleжащие (14% и 23% соответственно), ползающие (34% и 30%), цементноприкрепленные (14% и 12%) и биссусноприкрепленные (14% и 13%) формы. Группировку инфауны, составляющую пятую часть бентоса, составляют крупные двустворчатые моллюски *Arca* sp. (3 вида) и *Cultellus* sp. (1 вид), денгалиумы и брахиоподы *Lingula* sp. Присутствие инфаунных форм свидетельствует, в частности, о размыве осадков, в которых были ранее распространены и заключены эти

беспозвоночные, и позволяет представить минимальную глубину первоначального размыва подстилающих образований. Современные представители бивальвий (*Arca* sp., *Cultellus* sp.) и лопатоногих моллюсков зарываются на глубину 5–8 см, лингулы – до 0,3 м. Состав инфауны, составляющей бентосное сообщество, указывает на преимущественно псаммитовый состав бывшего субстрата, формировавшегося в условиях подвижной придонной среды [23, 31, 52].

Двустворчатые моллюски, в основном устрицы, составляли основу эпифаунных поселений. Среди свободнoleжащих установлены представители родов *Amphidonte* (4 вида) и *Lopha* (1 вид), среди цементноприкрепленных *Hyotissa* (2 вида), *Amphidonte* (1 вид) *Gryphaeostrea* (1 вид) и *Radiolaewella* (1 вид). Среди биссусноприкрепленных форм присутствуют бивальвии (*Entolium* sp., *Chlamys* sp., *Oxytoma* sp.) и брахиопода (*Carneithyris* sp.). Ползающие формы более разнообразны в видовом отношении: это двустворчатые (*Arctica* – 6 видов, *Venus* – 2 вида) и брюхоногие (*Solariella* sp., *Colleostoma* sp., *Margarites* sp.) моллюски. Крупными размерами среди этих форм выделяется *Venus faba* (Sow).

Разнообразие и большое количество форм среди ползающих и биссусноприкрепленных объясняется широким спектром эколого-трофических специализаций представителей этих групп. Все ползающие двустворчатые моллюски – детритофаги, а среди ползающих гастропод много фитофагов, расселение которых приурочено к зарослям водорослей. Специализации биссусноприкрепленных форм были обусловлены характером субстрата и придонной гидродинамикой: расселение многих бивальвий было приурочено к участкам водорослевых покровов или открытой поверхности дна со спокойным гидродинамическим режимом, в то время как брахиоподы прикреплялись к твердым элементам субстрата [53].

Совместное расселение представителей некоторых из перечисленных экологических групп в общем биоценозе маловероятно. Фоссилии попали в единый ориктоценоз как перемещенные, переотложенные фоссилии из разных биотопов. Актуалистические данные, опубликованные материалы по сеноманским морским бентосным ассоциациям [25, 26, 49–51] и результаты изучения стратиграфически более полных и палеонтологически хорошо охарактеризованных разрезов (Красный Яр-1, Меловатка-3, -6, -9; Нижняя Банновка) [16–18, 40] позволяют рассмотреть возможность существования нескольких исходных биотопов.

1. Цементноприкрепленные устрицы, очевидно, обитали в подвижной придонной среде на грунтах псаммитового состава, где и образовывали поселения в виде «банок» и «мостовых» (Нижняя Банновка, Меловатка-6).



2. В условиях ламинарных спокойных потоков водных масс обширные поселения составляли свободнележащие устрицы, располагавшиеся на менее подвижных тонкозернистых осадках. С этими биотопами могли быть пространственно сопряжены участки поселений биссусных брахиопод и водорослевых покровов, с которыми было связано расселение гастропод – фитофаг (Нижняя Банновка, Меловатка-6).

3. Вне поселений свободнележащих устриц, брахиопод и гастропод, в сходных по характеру субстрата и гидродинамическому режиму условиях, обитали биссусноприкрепленные двусторчатые моллюски.

4. Ползающие бивалвии заселяли участки с высокой (*Venus* sp.) и относительно низкой (*Arctica* sp.) придонной гидродинамикой и соответствующие им грунты. Основная масса ползающих моллюсков распространялась на поверхности дна вне поселений прикрепленного бентоса, который препятствовал их расселению и при этом, вероятно, испытывал дискомфорт из-за взмучивания осадка детритофагами.

Для представителей инфауны (ихнофоссилий), реконструкция которых затруднительна, активно осваивавших осадок и его поверхность в моменты проявлений интенсивной гидродинамики и подвижных грунтов, благоприятными для развития могли быть биотопы с цементноприкрепленными устрицами и ползающими детритофагами. Возможно, представители инфауны образовывали сообщества, в которых они и доминировали, с разнообразным представительством.

Нектон. Установлены представители хрящевых, эласмобранхий и химер, костистых рыб (*Enchodus* sp.). Среди эласмобранхий выделены: *Cretnolamna appendiculata* (Ag.), *Eostriatolamia subulata* (Ag.), доминирующий по количеству зубов представитель сообщества, *Synechodus dispar* Reuss, *Squatina melleri* Reuss, *Acrodus* sp., *Cretoxyrina* sp., *Protolamna* sp. Это сообщество рыб обычно для сеноманских морских бассейнов юга Русской плиты, Днепровско-Донецкой и восточной части Прикаспийской впадин, северо-востока Туранской плиты [54].

В данном случае для целей палеоэкологического анализа наиболее информативны представители эласмобранхий. *Cretoxyrina* и *Protolamna* – обитатели пелагиали, *Eostriatolamia* и *Synechodus* – прибрежного мелководья, в том числе *Acrodus* и *Squatina* – придонные формы, с которыми могли сосуществовать химеры. Количественное соотношение зубов явно на стороне прибрежно-мелководных форм, за счет *Eostriatolamia* (160 экз.), среди пелагических форм преобладает *Protolamna* (20 экз.). Это может указывать на формирование первичных захоронений рыб в условиях верхней сублиторали. Зубы пелагических акул

могли попасть в общее, «интегральное» захоронение с прибрежными формами при привнесении их трупов на мелководье, забросов разрозненных фрагментов тел с глубины при штормах или в результате их переотложения при эрозионном разрушении подстилающих пород.

Общее количество зубов рыб – 418 экз. В отличие от костистых рыб, эласмобранхий представлены в ископаемом состоянии преимущественно зубами, тела позвонков редки. Обилие зубов эласмобранхий, по сравнению с остеологическим материалом телеостей, обусловлено обилием зубов в строении челюстного аппарата и их постоянной сменяемостью, а также устойчивостью материала и габитуса этих зубов при их неоднократном переотложении, конденсации в породах псаммитового состава в виде «зубных» горизонтов [40, 55].

Библиографический список

1. Камышева-Елпатьевская В. Г. Маркирующие горизонты юрских, меловых и палеогеновых отложений Саратовского Поволжья // Ученые записки Саратовского университета. Т. 28. Выпуск геологический. Саратов : Издательство Саратовского университета, 1951. С. 10–36.
2. Колбин М. Ф. Маркирующие горизонты верхнемеловых отложений южной части Сталинградского Поволжья и правобережья реки Дона // Ученые записки Саратовского университета. Т. 37. Выпуск геологический. Саратов : Издательство Саратовского университета, 1953. С. 151–156.
3. Тафономия и вопросы палеогеографии / под редакцией В. Г. Очева. Саратов : Издательство Саратовского университета, 1984. 76 с.
4. Теория и опыт тафономии: межвузовский научный сборник. Саратов : Издательство Саратовского университета, 1989. 164 с.
5. Материалы по методам тафономических исследований: межвузовский научный сборник. Саратов : Издательство Саратовского университета, 1992. 161 с.
6. Очев В. Г., Янин Б. Т., Барсков И. С. Методическое руководство по тафономии позвоночных организмов. Москва : Издательство Московского университета, 1994. 144 с.
7. Палеонтология и палеоэкология: словарь-справочник / редакторы В. П. Макридин, И. С. Барсков. Москва : Недра, 1995. 494 с.
8. Первушов Е. М. Биостратомия событийных образований (верхний мел правобережного Поволжья) // Позвоночные палеозоя и мезозоя Евразии: эволюция, смена сообществ, тафономия и палеобиогеография : материалы конференции, посвященной 80-летию со дня рождения В. Г. Очева (1931–2004). Москва : ПИН РАН, 2011. С. 38–40.
9. Иванов А. В. Маринакулаты – проблематичный новый тип животных из мела и палеогена России. Саратов : Издательство ГосУНЦ «Колледж», 1995. 151 с.



10. *Архангельский М. С.* Морские мезозойские рептилии Саратовского Поволжья, их стратиграфическое и бионическое значение: автореферат диссертации ... кандидата геолого-минералогических наук. Саратов, 1998. 23 с.
11. *Попов Е. В.* Меловые и палеоценовые химеровые рыбы (Holocerphali, Chimaeroidei) юга Европейской России (морфология, система, стратиграфическое распространение): автореферат диссертации ... кандидата геолого-минералогических наук. Саратов, 2004. 25 с.
12. *Зозырев Н. Ю.* Сеноман юго-востока Рязано-Саратовского прогиба: стратиграфия и палеогеография: автореферат диссертации ... кандидата геолого-минералогических наук. Саратов, 2006. 24 с.
13. *Первушов Е. М.* Роль данных тафономии в изучении процессов формирования губковых слоев верхнего мела Поволжья // Теория и опыт тафономии Саратов : Издательство Саратовского университета, 1989. С. 121–126.
14. *Первушов Е. М., Иванов А. В., Попов Е. В.* Средне- и позднемеловая биота юго-востока Европейской палеобиогеографической области // Палеонтологический журнал. 1997. № 3. С. 1–7.
15. *Первушов Е. М., Очев В. Г., Иванов А. В., Янин Б. Т.* Палеонтолого-тафономическая характеристика туронского фосфоритового горизонта в районе Жирновска (Волгоградская область) // Проблемы изучения биосферы : Всероссийская научная конференция. Избранные труды. Саратов : Издательство ГосУНЦ «Колледж», 1999. С. 87–104.
16. *Первушов Е. М., Иванов А. В., Гужиков А. Ю., Гришанов А. Н.* Результаты комплексного изучения альбских – сеноманских отложений в разрезах Меловатка-6 и Красный Яр-1 (Волгоградская область) // Труды НИИ геологии СГУ им. Н. Г. Чернышевского. Новая серия. 1999. Т. 1. С. 65–78.
17. *Первушов Е. М., Архангельский М. С., Иванов А. В.* Каталог местонахождений морских рептилий в юрских и меловых отложениях Нижнего Поволжья. Саратов : Издательство ГосУНЦ «Колледж», 1999. 230 с.
18. *Куручкин Е. Н., Савельев С. В., Постнов А. А., Первушов Е. М., Попов Е. В.* Головной мозг примитивной птицы из верхнего мела европейской части России // Палеонтологический журнал. 2006. № 6. С. 69–80.
19. *Первушов Е. М., Иванов А. В., Попов Е. В.* Местная стратиграфическая схема верхнемеловых отложений правобережного Поволжья // Труды НИИ геологии СГУ им. Н. Г. Чернышевского. Новая серия. 1999. Т. 1. С. 85–94.
20. *Олферьев А. Г., Алексеев А. С.* Стратиграфическая схема верхнемеловых отложений Восточно-Европейской платформы : объяснительная записка. Москва : ПИН РАН, 2005. 204 с.
21. Стратиграфическая схема верхнемеловых отложений Восточно-Европейской платформы. Санкт-Петербург : Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2004.
22. *Первушов Е. М., Иванов А. В., Гудошников В. В., Малышев В. В.* Фациальный профиль «маркирующих» горизонтов верхнемеловых отложений Правобережного Поволжья // Недра Поволжья и Прикаспия. 2001. Вып. 26. С. 3–10.
23. *Марковский Б. П.* Методы биофациального анализа. Москва : Недра, 1966. 272 с.
24. *Иванова Н. В.* Двустворчатые моллюски и условия осадконакопления. Москва : Наука, 1973. 164 с.
25. *Савчинская О. В.* Условия существования позднемеловой фауны Донецкого бассейна. Москва : Наука, 1982. 132 с.
26. *Собецкий В. А.* Донные сообщества и биогеография позднемеловых платформенных морей юго-запада СССР // Труды Палеонтологического института АН СССР. 1978. Т. 166. 185 с.
27. *Геккер Р. Ф.* Тафономические и экологические особенности фауны и флоры Главного Девонского поля. Москва : Наука, 1983. 144 с.
28. *Захаров В. А.* Тафономия и экология морских беспозвоночных: учебное пособие. Новосибирск : Издательство Новосибирского университета, 1984. 78 с.
29. *Захаров В. А.* Палеоэкологические исследования // Современная палеонтология. 1988. Т. 1. С. 369–400.
30. *Захаров В. А., Мейен С. В., Очев В. Г., Янин Б. Т.* Тафономические исследования // Современная палеонтология. 1988. Т. 1. С. 416–434.
31. *Хэллем Э.* Интерпретация фаций и стратиграфическая последовательность. Москва : Мир, 1983. 326 с.
32. *Найдин Д. П., Копачевич Л. Ф.* Внутриформационные перерывы верхнего мела Мангышлака. Москва : Издательство Московского университета, 1988. 141 с.
33. *Барабошкин Е. Ю., Веймарн А. Б., Копачевич Л. Ф., Найдин Д. П.* Изучение стратиграфических перерывов при производстве геологической съемки: методические рекомендации. Москва : Издательство Московского университета, 2002. 163 с.
34. *Янин Б. Т.* Основы тафономии. Москва : Недра, 1983. 184 с.
35. *Янин Б. Т.* Терминологический словарь-справочник по палеонтологии (палеоихнология, палеоэкология, тафономия). 2-е издание. Москва : ИНФА-М, 2014. 172 с.
36. *Янин Б. Т.* Палеоэкология: учебник для студентов высших учебных заведений. Москва : Издательство Московского университета, 2015. 264 с.
37. *Архангельский А. Д.* Верхнемеловые отложения востока Европейской России // Материалы для геологии России. Санкт-Петербург : Издательство Минералогического общества, 1912. Т. 25. 631 с.
38. *Милановский Е. В.* Очерк геологии Нижнего и Среднего Поволжья. Москва ; Ленинград : Гостоптехиздат, 1940. 276 с.
39. *Рыков С. П.* О стратиграфии верхнего мела бассейна р. Медведицы // Ученые записки Саратовского университета. 1951. Т. 28. Выпуск геологический. С. 84–93.
40. *Гликман Л. С.* О возрасте нижнего фосфоритового горизонта в окрестностях Красного Яра Сталинградской области // Труды геологического музея имени А. П. Карпинского АН СССР. 1957. Вып. 1. С. 118–120.
41. *Морозов Н. С., Орехова В. М.* Меловая система. Верхний отдел // Геология СССР. Т. 46. Ростовская, Волгоградская, Астраханская области и Калмыцкая АССР. Геологическое описание. Москва : Недра, 1969. С. 318–361.
42. *Бондарева М. В., Морозов Н. С.* Сеноманские, туронские и коньякские отложения междуручья Медведицы



и Волги в пределах Волгоградского Правобережья // Вопросы геологии Южного Урала и Поволжья. Саратов : Издательство Саратовского университета, 1984. С. 62–70.

43. 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.

44. Салтыков В. Ф., Первушов Е. М. Верхнемеловые местные стратиграфические подразделения Терсинской впадины (Волгоградская область) // Меловая система России и ближнего зарубежья: проблемы стратиграфии и палеогеографии: сборник научных трудов / под редакцией Е. М. Первушова. Саратов : Издательство Саратовского университета, 2007. С. 204–221.

45. Первушов Е. М. Наблюдения по «антропогенной» геодинамике в пределах учебных полевых полигонов // Недра Поволжья и Прикаспия. 2014. Вып. 78. С. 45–55.

46. Зозырев Н. Ю. Меловатская свита (сеноман правобережного Поволжья): новые данные по стратиграфическому положению и объему // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия : Науки о Земле. 2006. Т. 6, вып. 1. С. 31–38.

47. 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.

48. Гужикова А. А., Первушов Е. М., Рябов И. П., Фомин В. А. Магнитозона обратной полярности в турон-коньяке северного окончания Доно-Медведицких дислокаций // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия : Науки о Земле. 2020. Т. 20, вып. 4. С. 262–277. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2020-20-4-262-277>

49. Атлас поздне меловой фауны Донбасса. Москва : Недра, 1974. 640 с.

50. Бионимия поздне меловых морей востока Прикаспийской впадины. Москва : Наука, 1985. 224 с.

51. Атлас беспозвоночных поздне меловых морей Прикаспийской впадины // Труды Палеонтологического института АН СССР. 1982. Т. 187. 339 с.

52. Раун Д., Стенли С. Основы палеонтологии. Москва : Мир, 1974. 390 с.

53. Ильинский Е. И. Брахиоподы верхнего мела Поволжья // Материалы XXI Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых специалистов. Саратов : Техно-Декор, 2021. С. 30–31.

54. Бирюков А. В. О стратиграфическом значении эласмобранхий (Chondrichthyes, Elasmobranchii) в сеномане Правобережного Поволжья // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия : Науки о Земле. 2018. Т. 18, вып. 1. С. 27–40. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2018-18-4-27-40>

55. Беляев Г. М., Гликман Л. С. Зубы акул на дне Тихого океана // Труды Института океанологии АН СССР. 1970. Т. 88. С. 252–280.

Поступила в редакцию 15.07.2022; одобрена после рецензирования 10.08.2022; принята к публикации 01.09.2022
The article was submitted 15.07.2022; approved after reviewing 10.08.2022; accepted for publication 01.09.2022



Представители подсемейства *Cheloniceratinae* Spath, 1923 (*Ammonoidea*) из апта Мангышлака, Западной и Южной Туркмении. Статья 2. Род *Epicheloniceras* Casey, 1954



К. С. Полковой

Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, Россия, 410012, г. Саратов, ул. Астраханская, д. 83

Полковой Кирилл Сергеевич, аспирант, polkovoykirill@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-5325-4253>

Аннотация. Описаны представители рода *Epicheloniceras* Casey, 1954 из среднего апта Мангышлака, Западной и Южной Туркмении.

Ключевые слова: аммониты, *Epicheloniceras*, *Cheloniceratinae*, *Douvilleiceratidae*, нижний мел, апт, Казахстан, Мангышлак, Туркменистан, Туаркыр, Кубадаг, Большой Балхан, Малый Балхан, Копетдаг

Для цитирования: Полковой К. С. Представители подсемейства *Cheloniceratinae* Spath, 1923 (*Ammonoidea*) из апта Мангышлака, Западной и Южной Туркмении. Статья 2. Род *Epicheloniceras* Casey, 1954 // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2022. Т. 22, вып. 4. С. 283–294. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2022-22-4-283-294>, EDN: GIVGJE

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

Article

Representatives of the subfamily *Cheloniceratinae* Spath, 1923 (*Ammonoidea*) from the Aptian of Mangyshlak, Western and Southern Turkmenistan. Paper 2. The Genus *Epicheloniceras* Casey, 1954

K. S. Polkovoy

Saratov State University, 83 Astrakhanskaya St., Saratov 410012, Russia

Kirill S. Polkovoy, polkovoykirill@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-5325-4253>

Abstract. The representatives of the genus *Epicheloniceras* Casey, 1954 from the Middle Aptian of Mangyshlak, Western and Southern Turkmenistan are described.

Keywords: ammonites, *Epicheloniceras*, *Cheloniceratinae*, *Douvilleiceratidae*, Lower Cretaceous, Aptian, Kazakhstan, Mangyshlak, Turkmenistan, Tuarkyr, Kubadag, Great Balkhan, Maly Balkhan, Kopetdag

For citation: Polkovoy K. S. Representatives of the subfamily *Cheloniceratinae* Spath, 1923 (*Ammonoidea*) from the Aptian of Mangyshlak, Western and Southern Turkmenistan. Paper 2. The Genus *Epicheloniceras* Casey, 1954. *Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences*, 2022, vol. 22, iss. 4, pp. 283–294 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2022-22-4-283-294>, EDN: GIVGJE

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

Окончание. Начало Т. 22, вып. 3. С. 191

Введение

В первой статье были представлены общие результаты изучения коллекции аммонитов подсемейства *Cheloniceratinae* Spath, 1923 из апта Мангышлака, Западной и Южной Туркмении и описаны виды рода *Cheloniceratas* Nyatt, 1900. В общей части были рассмотрены вопросы, касающиеся разнообразия, стратиграфического пространства, полиморфизма и стадийности развития видов хелоницератин из указанных регионов. Являясь продолжением систематической ча-

сти первой статьи, настоящая работа посвящена описанию представителей рода *Epicheloniceras* Casey, 1954. Изученная коллекция хранится в Центральном научно-исследовательском геолого-разведочном музее им. Ф. Н. Чернышева под № 13338.

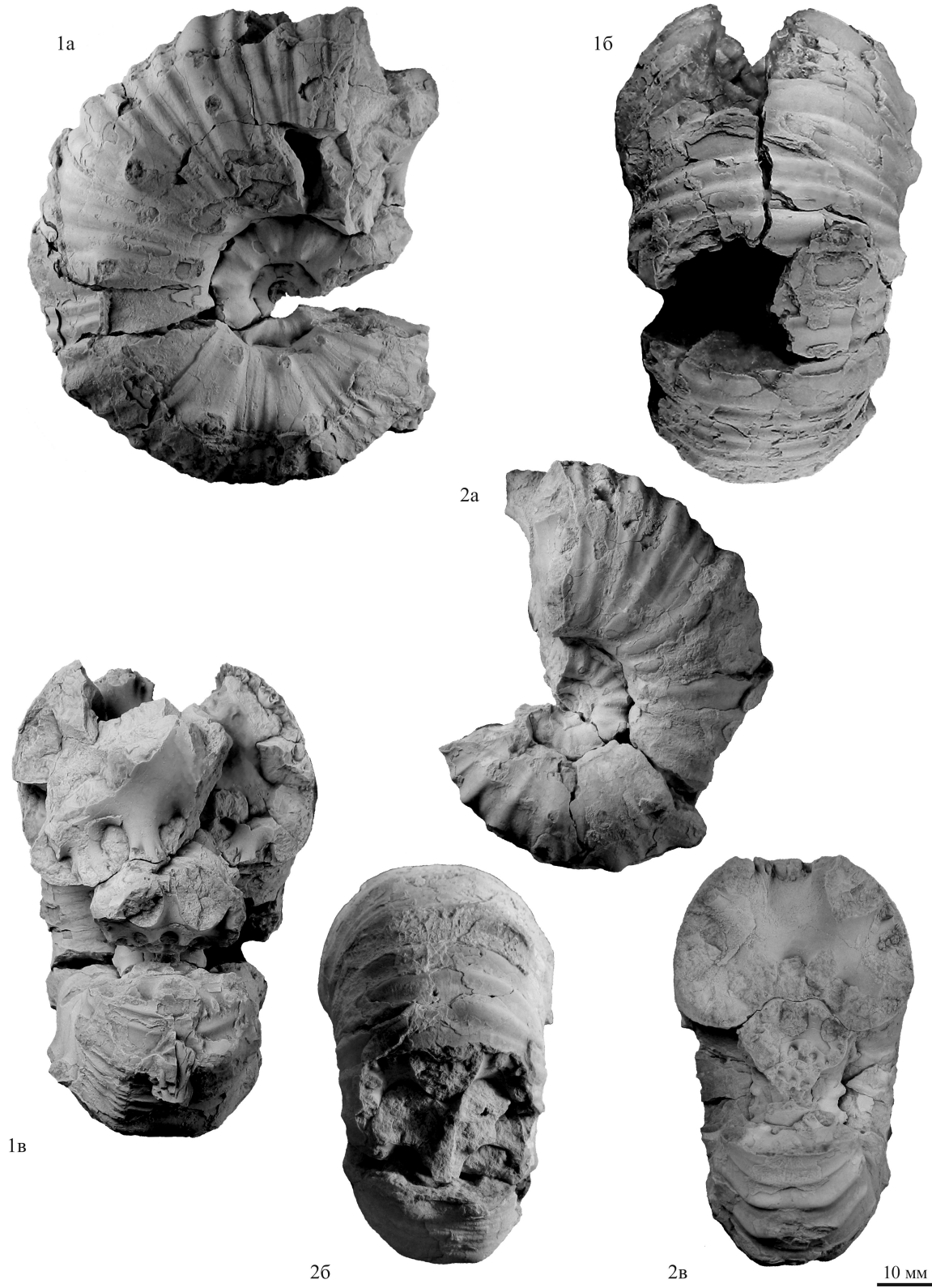
Семейство *Douvilleiceratidae* Parona et Bonarelli, 1897

Подсемейство *Cheloniceratinae* Spath, 1923

Род *Epicheloniceras* Casey, 1954
Epicheloniceras tschernyschewi (Sinzow, 1906)
Фототабл. 1, фиг. 1, 2; фототабл. 2, фиг. 1, 2



Фототаблица 1





Douvilleiceras *Tschernyschewi*: Sinzow, 1906, с. 182, табл. II, фиг. 11, 12, табл. III, фиг. 2–7; Никшич, 1915, с. 25, рис. 2–5, табл. II, фиг. 2–9, табл. III, фиг. 1, 2, табл. IV и V, фиг. 1 и 2.

Douvilleiceras *Tschernyschewi* var. *minuta*: Sinzow, 1906, с. 186, табл. III, фиг. 8.

Douvilleiceras *Tschernyschewi* var. *laticostata*: Sinzow, 1906, с. 187, табл. III, фиг. 1.

Douvilleiceras *Meyendorffi* var. *Waageni*: Sinzow, 1906, с. 164, табл. I, фиг. 10.

Chelonicerases (*Epicheloniceras*) *tschernyschewi*: Casey, 1954, с. 113; 1962, с. 236, рис. 82, фиг. a–f, табл. XXXVIII, фиг. 6, табл. XXXIX, фиг. 6, 7; 1980, с. 636, табл. CX, фиг. 5.

Epicheloniceras *tschernyschewi*: Bogdanova, Prozorovsky, 1999, табл. 8, фиг. 1; Bogdanova, Mikhailova, 2016, с. 879, рис. 71, 72, табл. 20, фиг. 1, 2; табл. 23, фиг. 7–9.

Epicheloniceras *stuckenbergi*: Bogdanova, Mikhailova, 2016, с. 892 (часть), табл. 26, фиг. 1 (только).

Chelonicerases (*Epicheloniceras*) *gracile*: Casey, 1961, с. 596, рис. 14, фиг. c, табл. 81, фиг. 1; 1962, с. 250, рис. 86, фиг. a, табл. XXXVIII, фиг. 2, табл. XXXIX, фиг. 1.

Chelonicerases (*Epicheloniceras*) *gracile* var. *rugatum*: Casey, 1962, с. 251, табл. XXXIX, фиг. 11.

Epicheloniceras gr. *tschernyschewi*: Cecca et al., 1999, с. 383, рис. 4, 5, табл. 2, фиг. 1, табл. 3, фиг. 1.

Форма. Раковины полуинволютные и полуэволютные. Обороты обычно вздутые. Умбиликус довольно широкий, реже широкий. Поперечное сечение оборотов на ранней зрелой стадии между ребрами широкоовальное, с округлыми и выпуклыми боками; когда проходит через ребра, то звездчато-полигональное. На поздней зрелой стадии оно округло-трапецеидальное, с нависающими над умбиликусом вздутыми боками и шириной, максимальной в нижней приумбиликальной трети боковых сторон. Вентральная сторона на обеих стадиях широкая, иногда слабоуплощенная посередине, широко скругляющаяся к боковым сторонам.

Скульптура. На ранней зрелой стадии относительно широкие и высокие главные ребра начинаются на умбиликальном перегибе и на боковых сторонах несут две пары бугорков: массивные конические латеральные и мелкие, имеющие вид усеченного конуса, умбиликальные. В латеральных бугорках главные ребра по направлению к вентральной стороне разделяются на две резко неравные по высоте и толщине ветви, только грубая из которых (обычно задняя) несет третью пару довольно приподнятых и слабовытянутых вдоль ребер вентральных бугорков. Промежуточные безбугорчатые ребра вставляются

по два-три между главными, возникая в начале стадии в привентральной части боков, к конустадии обычно опускаясь до умбиликального края. На боковых сторонах они сравнительно тонкие, невысокие, на вентральной стороне аналогичны тонким ветвям главных ребер. По направлению от умбиликального края к вентральной стороне все ребра утолщаются. В конце ранней зрелой стадии вентральные бугорки слабеют, значительно понижаясь и вытягиваясь вдоль ребер, и вскоре редуцируются. Латеральные бугорки тоже уплощаются и исчезают.

В начале поздней зрелой стадии умбиликальные бугорки постепенно уплощаются, увеличиваясь в диаметре основания и приобретая неровно-овальную форму, вытянутую вдоль ребер. Одновременно с трансформацией бугорков слабеют грубые ветви главных ребер: главные и промежуточные ребра постепенно выравниваются по толщине и высоте, сначала на вентральной, а затем и на латеральных сторонах. С началом стадии точка бифуркации главных ребер также смещается в умбиликальные бугорки, позже ветвление прекращается. Ребра в целом становятся более частыми, близкорасположенными друг к другу. В конце поздней стадии скульптура представлена чередованием многочисленных одиночных ребер: главных, оснащенных парой ослабленных умбиликальных бугорков, и безбугорчатых промежуточных, на вентральной стороне равных между собой.

Замечания. Для описанного вида отмечается, что относительно тахиморфные его представители обладают обычно более эволютными раковинами, чем относительно брадиморфные.

В качестве синонимов вида *E. tschernyschewi* (Sinz.), являющихся, вероятно, экстремальными морфами разнообразной внутривидовой изменчивости, рассматриваются таксоны: *E. «laticostatum»* (Sinz.) (груборебристая тахиморфная разновидность), *E. «gracile»* (Casey) (тахиморфная разновидность с ослабленной скульптурой), *E. «gracile» «rugatum»* (Casey) (тахиморфная разновидность). Их абрисы скульптуры, формы раковин и поперечного сечения оборотов на ранней зрелой и поздней зрелой стадиях соответствуют *E. tschernyschewi* (Sinz.). Отличия проявляются в разной скорости онтогенеза, грубости скульптурных элементов, отношении ширины оборота к диаметру раковины и к его высоте, а также в размерах раковин. На наш взгляд, подобные формы с учетом полиморфизма не заслуживают выделения в самостоятельные виды и подвиды.

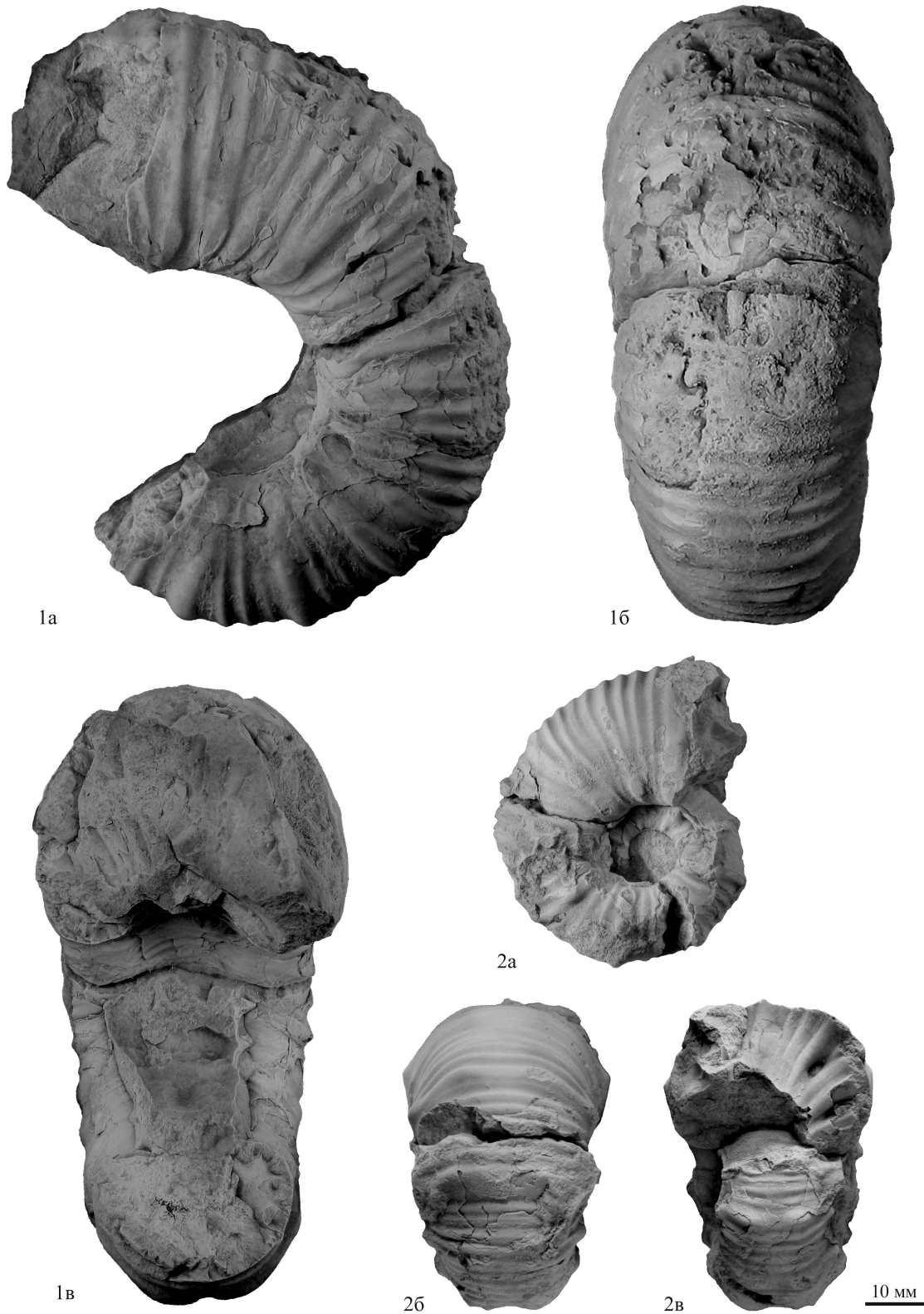
Один из экземпляров в работе Т. Н. Богдановой (Bogdanova) и И. А. Михайловой (Mikhailova) [1, табл. 26, фиг. 1], определенных авторами как *Epicheloniceras stuckenbergi* (Kas.), полностью соответствует ранней зрелой стадии вида *E. tschernyschewi* (Sinz.).

←
Фототаблица 1. Фиг. 1, 2. *Epicheloniceras tschernyschewi* (Sinzow, 1906); 1 – экз. № 27/13338: 1а – вид сбоку, 1б – с вентральной стороны, 1в – с устья; Казахстан, Мангышлак, Джапракты; средний апт, зона *subnodosocostatum*; 2 – экз. № 28/13338: 2а – вид сбоку, 2б – с вентральной стороны, 2в – с устья; Казахстан, Мангышлак, Джапракты; средний апт, зона *subnodosocostatum*.

Автор сборов всех экземпляров Т. Н. Богданова.



Фототаблица 2





Сравнение. Описанный вид отличается от *E. subnodosocostatum* (Sinz.) на ранней зрелой стадии более многочисленными промежуточными ребрами, отсутствием прерывания главных ребер между вентральными бугорками, более выраженной дифференциацией и обособленностью умбиликальных и латеральных бугорков и отсутствием между ними высокой перемычки, образуемой ребрами. В начале поздней зрелой стадии отличается отсутствием латеральных бугорков, наличием бифуркации главных ребер в крупных уплощенных умбиликальных бугорках, а в конце стадии – значительно более частыми, сближенными и слабыми ребрами (отсутствием массивных валикообразных ребер на вентральной стороне). Обе стадии у описанного вида, в отличие от таковых у *E. subnodosocostatum* (Sinz.), характеризуются более вздутыми оборотами.

Материал и местонахождения. 31 экз. Казахстан – Мангышлак: Чирчили, Когозбулак, Джапракты, Карасязь, Тушибек; средний апт, зона *subnodosocostatum*. Туркменистан – Туаркыр: Бабаши, Умокдере; Большой Балхан: Борджаклы, Утулуджа, Колхоз им. Кирова; Малый Балхан: Чалсу; Западный Копетдаг: Даната; средний апт, зона *subnodosocostatum*. Кубадаг: Янгаджа; Большой Балхан: Утулуджа; средний апт, зона *melchioris*.

***Epicheloniceras subnodosocostatum* (Sinzow, 1906)**

Фототабл. 3, фиг. 1–5

Douvilleiceras subnodoso-costatum: Sinzow, 1906, с. 175, рис. IV, V, табл. II, фиг. 1–8, Никшич, 1915, с. 40, табл. VI, фиг. 4–7.

Douvilleiceras subnodoso-costatum var. *robusta*: Sinzow, 1906, с. 181, табл. IV, фиг. 4, 5.

Douvilleiceras subnodosocostatum: Jacob в Jacob, Tobler, 1906, с. 14, табл. I, фиг. 4–6.

Douvilleiceras cf. *subnodosocostatum*: Васильевский, 1908, с. 40, табл. III, фиг. 2.

Epicheloniceras subnodosocostatum: Bogdanova, Mikhailova, 2016, с. 883, рис. 73–76, табл. 24, фиг. 1–8.

Chelonicerases (Epicheloniceras) subnodosocostatum: Casey, 1962, рис. 88, фиг. a–c.

Chelonicerases (Epicheloniceras) volgensis: Kemper, 1971, табл. 26, фиг. 1.

Epicheloniceras subnodosocostatum var. *robusta*: Cecca et al., 1999, табл. 1, фиг. 9.

Форма. Раковины полуэволютные, реже эволютные. Умбиликус широкий, реже умеренно широкий. Поперечное сечение оборотов на ран-

←
Фототаблица 2. Фиг. 1, 2. *Epicheloniceras tschernyschewi* (Sinzow, 1906); 1 – экз. № 29/13338: 1а – вид сбоку, 1б – с вентральной стороны, 1в – с устья; Казахстан, Мангышлак, Чирчили; средний апт, зона *subnodosocostatum*; 2 – экз. № 30/13338: 2а – вид сбоку, 2б – с вентральной стороны, 2в – с устья; Туркменистан, Кубадаг, Янгаджа; средний апт, зона *melchioris*. Фиг. 1 – сборы Н. Ю. Клычевой, фиг. 2 – сборы Т. Н. Богдановой.

ней зрелой стадии имеет вид от широкоовального до прямоугольно-овального между ребрами, со слабоуплощенными боками; когда проходит через ребра, то звездчато-полигональное. На поздней зрелой стадии сечение несколько возрастает в высоту, сжимаясь с боков, прямоугольно-овальное между ребрами; когда проходит через них, то полигональное или субпрямоугольное. Вентральная сторона на обеих стадиях довольно широкая, на поздней зрелой стадии слегка уплощенная и резко переходящая к боковым сторонам.

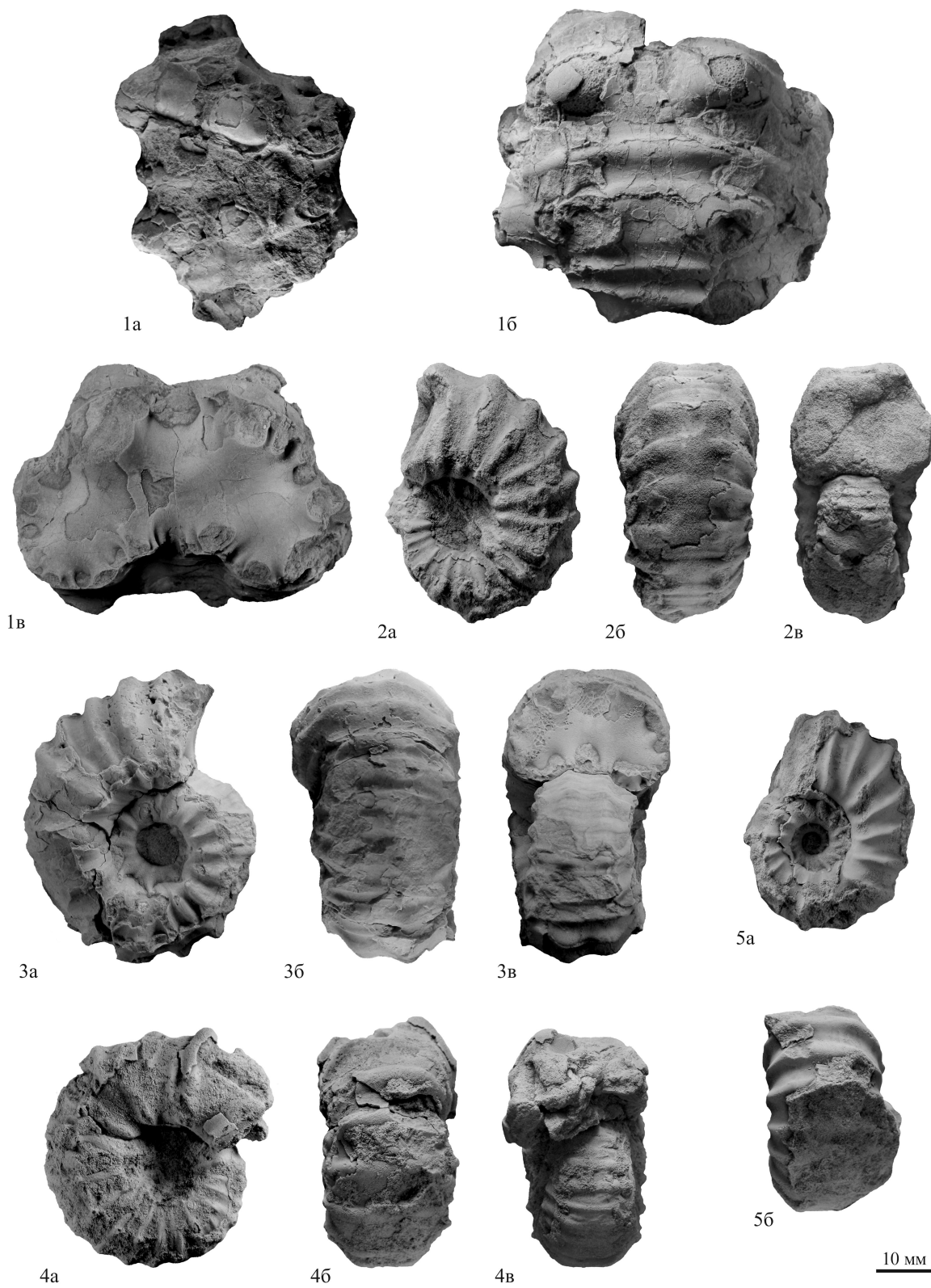
Скульптура. На ранней зрелой стадии относительно высокие и широкие главные ребра начинаются на умбиликальном крае и на боковых сторонах несут две пары бугорков: крупные конические латеральные и мелкие умбиликальные, шиповидные или имеющие вид приподнятых коленчатых перегибов ребер. В интервале между умбиликальными и латеральными бугорками ребра образуют высокую прямую перемычку между ними. В латеральных бугорках главные ребра по направлению к вентральной стороне разделяются на две неравные по высоте и толщине ветви, только грубая из которых (обычно задняя) несет третью пару довольно низких, обычно слабовытянутых вдоль ребер вентральных бугорков, между которыми ребра нередко прерываются за счет их сильного вдольсифонального понижения. К концу стадии деление этих ребер прекращается и тонкие ветви не образуются, а различия в размерах латеральных и умбиликальных бугорков становятся менее выраженными. Промежуточные безбугорковые ребра сравнительно тонкие и низкие, вставлены по одному-два между парами главных, начинаются обычно ниже середины боковых сторон. По направлению от умбиликального края к вентральной стороне все ребра утолщаются. К концу стадии количество вставных ребер постепенно уменьшается до почти полного исчезновения.

На поздней зрелой стадии скульптура представлена одиночными довольно высокими ребрами с бугорками; их ветвление, а также наличие вставных ребер наблюдается редко. Боковые и умбиликальные бугорки с началом стадии значительно уменьшаются в размерах и скоро принимают вид резких перегибов ребер, в конце стадии они почти полностью редуцируются. Выше уровня латеральных бугорков ребра по направлению к вентральной стороне сильно расширяются. Бугорки на вентральной стороне в начале стадии сначала становятся более массивными, а между ними ребра иногда прерываются. В конце стадии они сливаются в очень грубые, толстые и сплошные ребра-валики.

Замечания. В качестве варианта рассматриваемого вида И. Ф. Синцовым были описаны формы «*Douvilleiceras*» *subnodoso-costatum* «var. *robusta*» [2], которые позже исследователями рассматривались в ранге подвида. На наш взгляд,



Фототаблица 3





подобные раковины представляют собой проявление брадиморфии вида *E. subnodosocostatum* (Sinz.). На поздних оборотах они повторяют скульптуру, присущую ранней зрелой стадии типичных представителей, и не заслуживают выделения в отдельный подвид. Похожий экземпляр из среднего апта Мангышлака встречен нами в изученной коллекции (см. фототабл. 3, фиг. 1).

Сравнение. Описанный вид отличается от *E. buxtorfi* (Jac.) на ранней зрелой стадии более крупными, обособленными и ясно различимыми вентральными и умбиликальными бугорками, нередко прерыванием ребер между вентральными бугорками, регулярным ветвлением главных ребер в латеральных бугорках; на поздней зрелой стадии – наличием массивных вентральных бугорков, впоследствии сливающихся в толстые валики.

Сравнение с видом *E. tschernyschewi* (Sinz.) приведено выше.

Материал и местонахождения. 16 экз. Казахстан – Мангышлак: Карашимрау, Джапракты, Бесокты; средний апт, зона *subnodosocostatum*. Туркменистан – Туаркыр: Бейнеу; Большой Балхан: Утулуджа; Малый Балхан: Чалсу; средний апт, зона *subnodosocostatum*. Большой Балхан: Утулуджа; средний апт, зона *melchioris*.

***Epicheloniceras pusillum* (Sinzow, 1906)**

Фототабл. 4, фиг. 8

Douvilleiceras subnodoso-costatum var. *pusilla*: Sinzow, 1906, с. 180, табл. II, фиг. 9, 10.

Douvilleiceras subnodosocostatum var. *pusilla*: Jacob в Jacob, Tobler, 1906, с. 15, табл. I, фиг. 12–14.

Douvilleiceras pusillum: Казанский, 1914, с. 57, табл. II, фиг. 30–32.

Epicheloniceras pusillum: Bogdanova, Mikhailova, 2016, с. 891, рис. 77, фиг. (b), табл. 25, фиг. 1–4.

Форма. Раковина эволютная. Умбиликус широкий. Поперечное сечение оборотов широкоовальное между ребрами; когда проходит через них, имеет вид от полигонального до субкоронатного, вентральная сторона при этом широкая, в значительной степени округлая и выпуклая.



Фототаблица 3. Фиг. 1–5. *Epicheloniceras subnodosocostatum* (Sinzow, 1906); 1 – экз. № 32/13338: 1а – вид сбоку, 1б – с вентральной стороны, 1в – с устья; Казахстан, Мангышлак, Джапракты; средний апт, зона *subnodosocostatum*; 2 – экз. № 35/13338: 2а – вид сбоку, 2б – с вентральной стороны, 2в – с устья; Туркменистан, Бол. Балхан, Утулуджа; средний апт, зона *melchioris*; 3 – экз. № 31/13338: 3а – вид сбоку, 3б – с вентральной стороны, 3в – с устья; Казахстан, Мангышлак, Джапракты; средний апт, зона *subnodosocostatum*; 4 – экз. № 34/13338: 4а – вид сбоку, 4б – с вентральной стороны, 4в – с устья; Туркменистан, Бол. Балхан, Утулуджа; средний апт, зона *subnodosocostatum*; 5 – экз. № 33/13338: 5а – вид сбоку, 5б – с вентральной стороны; Туркменистан, Мал. Балхан, Чалсу; средний апт.

Автор сборов всех экземпляров Т. Н. Богданова.

Скульптура. На ранней зрелой стадии относительно толстые и высокие главные ребра начинаются на умбиликальном крае и несут три пары бугорков. Латеральные бугорки довольно крупные, низкие конические; умбиликальные мелкие, имеющие вид приподнятых коленчатых перегибов ребер на умбиликальном крае; вентральные имеют вид слабоприподнятых угловатых, вытянутых вдоль ребер и разделенных неглубокой вдольсифональной депрессией. Ветвление главных ребер неясное. Промежуточные ребра вставлены по одному, реже – по два, между парами главных. Они сравнительно тонкие и низкие, обычно без бугорков, начинаются посередине боковых сторон или на умбиликальном крае. По направлению от умбиликального края к вентральной стороне все ребра утолщаются.

На поздней зрелой стадии скульптура становится более слабой, тонкой и непостоянной. Главные ребра сглаживаются и понижаются. Умбиликальные бугорки на них редуцируются; латеральные и вентральные бугорки уменьшаются в размерах и приобретают вид: первые – угловатых перегибов ребер, вторые – низких угловатых, сильно вытянутых вдоль ребер и разделенных узкой неглубокой вдольсифональной депрессией. Промежуточные ребра становятся неясными, расплывчато-нитевидными, они начинаются в промежутке от умбиликального перегиба до края вентральной стороны и спорадически вставляются по одному-три и более между парами главных. На вентральной стороне все ребра выгибаются в сторону устья, отмечается их неравенство.

Сравнение. От рассмотренных представителей рода *Epicheloniceras* отличается в значительной степени выпуклой и округлой вентральной стороной, неясным ветвлением главных ребер, очень низкой, слабой, сглаженной скульптурой ребер и бугорков, весьма непостоянным количеством промежуточных ребер и сохраняющимся до конца раковины неравенством ребер на вентральной стороне.

Материал и местонахождения. 1 экз. Туркменистан – Туаркыр: Бейнеу; средний апт, зона *subnodosocostatum*.

***Epicheloniceras buxtorfi* (Jacob, 1906)**

Фототабл. 4, фиг. 3, 5, 6

Acanthoceras (Douvilleiceras) martini var. *caucasica*: Anthula, 1899, с. 122, табл. XIV (XIII), фиг. 1–3.

Douvilleiceras Buxtorfi: Jacob в Jacob, Tobler, 1906, с. 15, табл. I, фиг. 9–11; Никшич, 1915, с. 45, табл. VI, фиг. 8–10.

Douvilleiceras martini: Sinzow, 1906, с. 171 (часть), табл. II, фиг. 13, 15–17 (только).

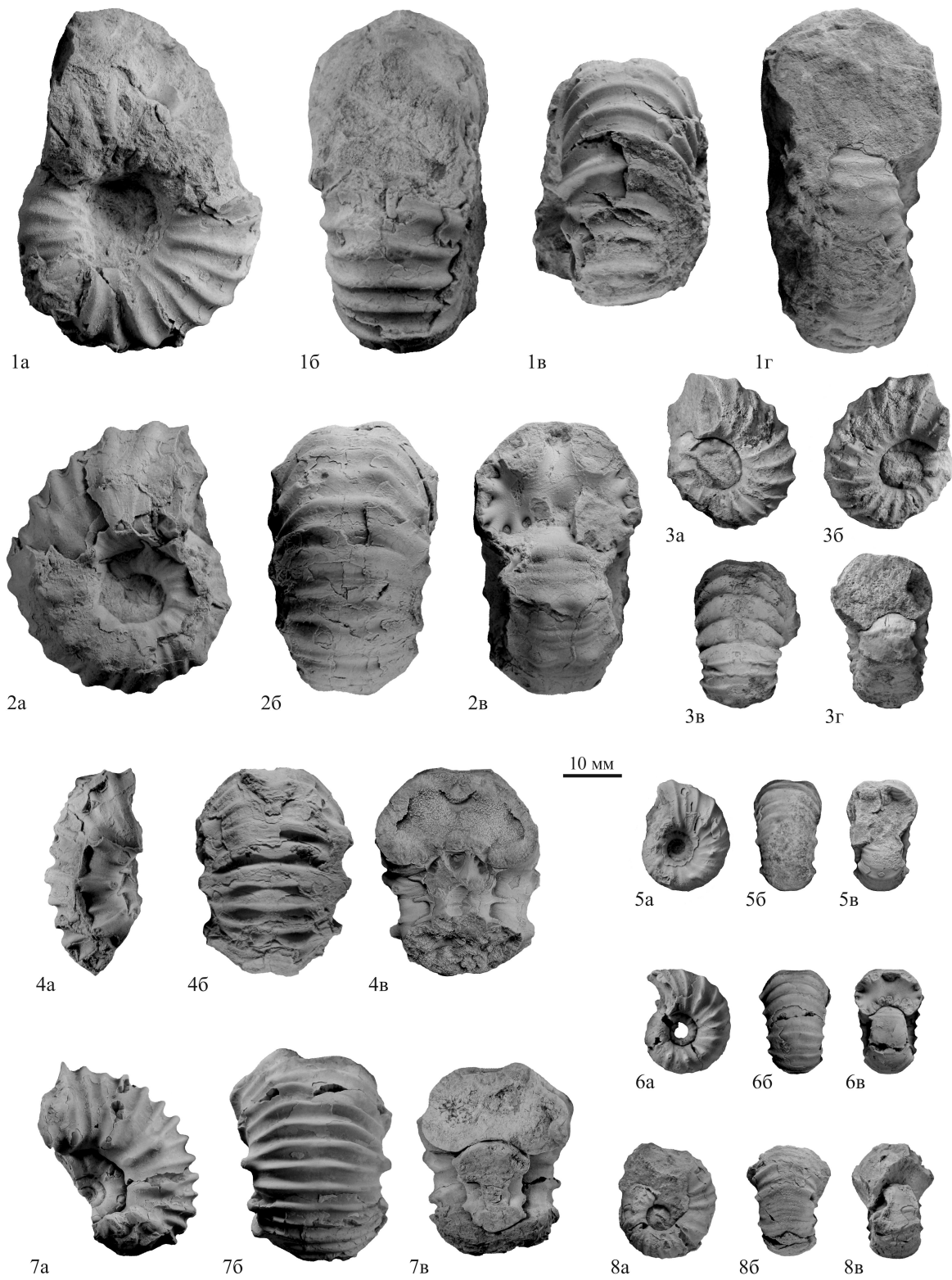
Douvilleiceras intermedium: Казанский, 1914, с. 59, табл. II, фиг. 33–36.

Chelonicerases (Epicheloniceras) buxtorfi: Casey, 1962, с. 253, рис. 88, фиг. 1–p, табл. XXXIX, фиг. 8.

Epicheloniceras cf. buxtorfi: Cecca et al., 1999, табл. 1, фиг. 10 (?).



Фототаблица 4





Epicheloniceras buxtorfi: Bogdanova, Mikhailova, 2016, с. 890, рис. 77, фиг. (а), табл. 23, фиг. 1–6.

Epicheloniceras intermedium: Bogdanova, Mikhailova, 2016, с. 892, рис. 78–80, табл. 25, фиг. 7, 8.

Форма. Раковины полуэволютные, реже полуинволютные. Умбиликус умеренно широкий или широкий. Поперечное сечение оборотов на ранней зрелой стадии от широкоовального до прямоугольно-овального между ребрами; когда проходит через них, то полигональное, с угловатыми выступами латеральных бугорков в средней части боковых сторон. На поздней зрелой стадии сечение субквадратное или субпрямоугольное, с довольно уплощенными боковыми сторонами. Вентральная сторона на обеих стадиях довольно широкая, на поздней зрелой стадии слегка уплощенная и довольно резко скругляющаяся к боковым сторонам.

Скульптура. На ранней зрелой стадии довольно широкие обычно неветвящиеся главные ребра начинаются на умбиликальном крае. Они несут три пары бугорков: относительно крупные, довольно низкие латеральные, которые сначала конусовидные, а впоследствии быстро уменьшаются в размерах и приобретают шиповидную форму; слабо заметные, мелкие умбиликальные, имеющие вид приподнятых коленчатых перегибов ребер на умбиликальном крае, и более поздно появляющиеся вентральные, слабообособленные и низкие, имеющие вид едва приподнятых утолщений, вытянутых вдоль ребер и разделенных неглубокой вдоль-сифональной депрессией. Промежуточные ребра вставлены по одному между парами главных или

периодически могут отсутствовать. Они сравнительно более тонкие, слабые, обычно без бугорков, начинаются ниже середины боковых сторон.

На поздней зрелой стадии скульптура не всегда регулярна, она главным образом представлена одиночными, довольно частыми, высокими и тонкими ребрами, слабоутолщающимися к вентральной стороне, на которой они имеют гребневидную форму поперечного сечения. Умбиликальные и латеральные бугорки в начале стадии сильно ослаблены и имеют вид слабо заметных коленчатых или угловатых перегибов ребер, позже они редуцируются. Вентральные бугорки в начале стадии имеют такую же конфигурацию, как и на ранней зрелой стадии, затем сильно понижаются и исчезают, сливаясь с ребрами. На рассматриваемой стадии спорадически появляются вставные ребра, отличающиеся от главных местом появления или толщиной.

Замечания. Формы, описанные в качестве самостоятельного вида П. А. Казанским [3, с. 59, табл. II, фиг. 33–36], из среднего апта Дагестана под названием «*Douvilleiceras intermedium*», по форме раковины и характеру скульптуры аналогичны ранней зрелой стадии вида *E. buxtorfi* (Jac.), что подчеркивается малыми размерами экземпляров, собранных автором (не более 35 мм). Т. Н. Богдановой и И. А. Михайловой [1] поддерживалась валидность обоих видов, а также изображались отнесенные к ним экземпляры, причем для *E. «intermedium»* (Kas.) – впервые после автора этого таксона. В работе указанных исследователей представители *E. «intermedium»* (Kas.) имеют максимальный диаметр раковин 36 мм, в то время как некоторые из изображенных *E. buxtorfi* (Jac.) достигают 46 мм в диаметре. При их сравнении отмечается, что скульптура небольших *E. «intermedium»* (Kas.) аналогична таковой на открытых оборотах более крупных *E. buxtorfi* (Jac.), мало отличается и форма раковин (причем между сравниваемыми экземплярами значимые различия в скорости онтогенеза отсутствуют). Однако впоследствии скульптура и форма оборотов у экземпляров *E. buxtorfi* (Jac.) трансформируются в иную по характеру позднюю зрелую стадию, типичную для этого вида. К сожалению, сравнение рассматриваемых таксонов указанными авторами в описаниях не приводилось. Эти наблюдения также свидетельствуют в пользу синонимичности форм *E. «intermedium»* (Kas.) и *E. buxtorfi* (Jac.), первый из которых представляет собой лишь раннюю зрелую стадию развития второго.

Форма, описанная Д. Антула под названием *Acanthoceras (Douvilleiceras) martini* var. «*caucasica*» (Anth.) [4, стр. 122, табл. XIV (XIII), фиг. 1–3], не отличается от *E. buxtorfi* (Jac.) и представляет собой раннюю зрелую стадию этого вида.

←
Фототаблица 4. Фиг. 1. *Epicheloniceras volgensis* (Wassilievsky, 1908); экз. № 40/13338: 1а – вид сбоку, 1б, 1в – с вентральной стороны, 1г – с устья; Туркменистан, Туаркыр, Бейнеу; средний апт, зона *subnodosocostatum*. Фиг. 2. *Epicheloniceras debile* (Casey, 1961); экз. № 39/13338: 2а – вид сбоку, 2б – с вентральной стороны, 2в – с устья; Казахстан, Мангышлак, Джапракты; средний апт, зона *subnodosocostatum*. Фиг. 3, 5, 6. *Epicheloniceras buxtorfi* (Jacob, 1906); 3 – экз. № 43/13338: 3а, 3б – вид сбоку, 3в – с вентральной стороны, 3г – с устья; Туркменистан, Бол. Балхан, Борджаклы; средний апт, зона *subnodosocostatum*; 5 – экз. № 41/13338: 5а – вид сбоку, 5б – с вентральной стороны, 5в – с устья; Туркменистан, Мал. Балхан, Чалсу; средний апт; 6 – экз. № 42/13338: 6а – вид сбоку, 6б – с вентральной стороны, 6в – с устья; Туркменистан, Кубадаг, Янгаджа; средний апт, зона *melchioris*. Фиг. 4, 7. *Epicheloniceras orientale* (Jacob, 1905); 4 – экз. № 37/13338: 4а – вид сбоку, 4б – с вентральной стороны, 4в – с устья; Казахстан, Мангышлак, Джапракты; средний апт, зона *subnodosocostatum*; 7 – экз. № 36/13338: 7а – вид сбоку, 7б – с вентральной стороны, 7в – с устья; Казахстан, Мангышлак, Когозбулак; средний апт, зона *subnodosocostatum*. Фиг. 8. *Epicheloniceras pusillum* (Sinzow, 1906); экз. № 38/13338: 8а – вид сбоку, 8б – с вентральной стороны, 8в – с устья; Туркменистан, Туаркыр, Бейнеу; средний апт, зона *subnodosocostatum*. Автор сборов всех экземпляров Т. Н. Богданова.



Некоторые экземпляры, определенные как «*Douvilleiceras*» *martini* (Orb.) в работе И. Ф. Синцова [2, табл. II, фиг. 13, 15–17], по характеру скульптуры и форме раковины также вполне соответствуют *E. buxtorfi* (Jac.).

Экземпляр «*Douvilleiceras*» *Buxtorfi* Jac. из среднего апта Северного Кавказа, изображенный И. И. Никшичем [5, табл. VI, фиг. 8–10], позже трактовался Р. Кейси (Casey) [6, с. 256] как *Chelonicerases* (*Epicheloniceras*) *volgensis* (Wass.). Поводом для этого, по-видимому, послужило кажущееся отсутствие бугорков на последнем обороте раковины на приведенном И. И. Никшичем изображении. Детальный осмотр указанного образца, хранящегося в ЦНИГР музее им. Ф. Н. Чернышева (экз. 138/630), показал наличие слабых (по сравнению с более ранними оборотами) латеральных, вентральных и умбиликальных бугорков в первой половине последнего оборота. Позже на ребрах сохраняются лишь угловатые перегибы в привентральной части боков, а в конце раковины все бугорки редуцируются. Поперечное сечение оборотов широкое, со слабоуплощенной вентральной стороной. Все отмеченные признаки характерны именно для поздней зрелой стадии вида *Epicheloniceras buxtorfi* (Jac.) и противоречат отнесению экземпляра к *Epicheloniceras volgensis* (Wass.).

Сравнение с видом *E. subnodosocostatum* (Sinz.) приведено выше.

Материал и местонахождения. 12 экз. Туркменистан – Туаркыр: Бейнеу; Кубадаг: Янгаджа; Большой Балхан: Борджаклы; Малый Балхан: Чалсу; средний апт, зона *subnodosocostatum*; Кубадаг: Янгаджа; средний апт, зона *melchioris*.

***Epicheloniceras orientale* (Jacob, 1905)**

Фототабл. 4, фиг. 4, 7

Ammonites Martinii: Orbigny, 1841, табл. 58, фиг. 7, 8, поп. фиг. 9.

Douvilleiceras martini: Sinzow, 1906, с. 171 (часть), табл. II, фиг. 14 (только).

Douvilleiceras Martinii var. *orientalis*: Jacob, 1905, с. 412; Jacob в Jacob, Tobler, 1906, с. 13, табл. I, фиг. 1–3.

Douvilleiceras Martini var. *orientalis*: Никшич, 1915, с. 37, рис. 6, табл. VI, фиг. 1–3.

Chelonicerases (*Epicheloniceras*) *martini*: Casey, 1962, рис. 84, фиг. a, b, d–g.

Epicheloniceras orientale: Bogdanova, Mikhailova, 2016, с. 886, табл. 25, фиг. 5, 6.

Epicheloniceras stuckenbergi: Bogdanova, Mikhailova, 2016, с. 892 (часть), табл. 26, только фиг. 2.

Форма. Раковины полуэволютные и эволютные. Обороты довольно вздутые. Умбиликус широкий. На ранней зрелой стадии поперечное сечение оборотов между ребрами широкоовальное, с округлыми выступающими боками и максимальной шириной сначала в их средней части, а позже в нижней приумбиликальной трети. Когда проходит через ребра – сечение полигональное, со слабыми депрессиями на стыках вентральной и латеральной сторон (между

латеральными и вентральными бугорками) и посередине вентральной стороны (между парой вентральных поднятий). Вентральная сторона широкая, скругляющаяся к боковым сторонам.

Скульптура. На ранней зрелой стадии относительно широкие и высокие главные ребра начинаются на умбиликальном крае и на боковых сторонах несут две пары бугорков: высокие конические латеральные и низкие, небольшие шиповидные или имеющие вид усеченного конуса умбиликальные. В латеральных бугорках ребра по направлению к вентральной стороне разделяются на две, реже – на три почти равные ветви. Промежуточные безбугорчатые ребра вставляются по одному-два между парами главных, иногда отсутствуют. На боковых сторонах они сравнительно тонкие и низкие, в начале стадии возникают в привентральной части боков, в конце – вблизи умбиликального края. По направлению от умбиликального перегиба к вентральной стороне ребра утолщаются. На вентральной стороне все ребра равные, тонкие, высокие и несут третью пару вентральных бугорков, имеющих вид низких пологих (в начале стадии нередко утолщенных) поднятий ребер по краям вентральной стороны, разделенных неглубокой вдольсифональной депрессией.

Поздняя зрелая стадия на изученном материале не наблюдалась.

Замечания. Судя по более полным экземплярам вида, представленным в работах других авторов, поздняя зрелая стадия у *E. orientale* (Jac.) характеризуется значительным ослаблением всех бугорков и почти полным исчезновением промежуточных ребер и ветвления главных ребер в латеральных бугорках [6, табл. VI, фиг. 1–3; 1, табл. 25, фиг. 5].

Один из экземпляров в работе Т. Н. Богдановой и И. А. Михайловой [1, табл. 26, фиг. 2], определенный авторами как *E. stuckenbergi* (Kas.), по общему облику раковины и скульптуры вполне соответствует виду *E. orientale* (Jac.). Некоторые отличия от типичных форм вида (неравенство ребер на вентральной стороне и наличие пережимов) объясняются брадиморфией, выраженной, в данном случае, большей длительностью ювентильной стадии и более поздним появлением ранней зрелой стадии у рассматриваемого индивида.

Материал и местонахождения. 4 экз. Казахстан – Мангышлак: Карашимрау, Когзбулак, Джапракты; средний апт, зона *subnodosocostatum*. Туркменистан – Большой Балхан: Борджаклы; средний апт, зона *subnodosocostatum*.

***Epicheloniceras volgensis* (Wassilievsky, 1908)**

Фототабл. 4, фиг. 1

Douvilleiceras volgensis: Васильевский, 1908, с. 36, рис. 3, табл. I, фиг. 1–8, табл. II, фиг. 4.

Chelonicerases (*Epicheloniceras*) *volgensis*: Casey, 1962, рис. 88, фиг. f–k.



Chelonicerases (*Epicheloniceras*) *subvolgensis*: Casey, 1962, с. 254, рис. 88, фиг. d, e, табл. XXXVII, фиг. 9.

non Chelonicerases (*Epicheloniceras*) *volgensis*: Kemper, 1971, табл. 26, фиг. 1.

Форма. Раковина полуэволютная. Умбиликус умеренно широкий. Поперечное сечение оборотов на наблюдавшейся поздней зрелой стадии круглое. Вентральная сторона довольно широкая, слабообособленная, округлая и выпуклая, плавно скругляющаяся к боковым сторонам.

Скульптура. На поздней зрелой стадии скульптура довольно беспорядочна и представлена труднодифференцируемыми простыми главными и промежуточными ребрами. Главные ребра на боковых сторонах толще и выше промежуточных, начинаются на умбиликальном перегибе. Промежуточные ребра присутствуют в количестве одного, реже двух между парами главных, возникают в нижней приумбиликальной трети боков, впоследствии исчезают. Бугорки отсутствуют. Все ребра слабо утолщаются к вентральной стороне, на которой они равны между собой.

Ранняя зрелая стадия вида на изученном материале не наблюдалась.

Замечания. Согласно описаниям и изображениям автора вида М. М. Васильевского [7], на ранней зрелой стадии поперечное сечение оборотов овальное между ребрами и полигональное, когда проходит через них; скульптура характеризуется чередованием ветвящихся главных и одного-двух вставных промежуточных ребер, первые из которых несут слабовыраженные латеральные и умбиликальные бугорки, а также пару вентральных бугорков на грубых ветвях главных ребер, имеющих вид слабоприподнятых утолщений по краям вентральной стороны.

Изображенный и отнесенный к рассматриваемому виду Э. Кемпером (Kemper) экземпляр [8, табл. 26, фиг. 1] обладает ясно выраженными умбиликальными, латеральными и вентральными бугорками на последнем обороте и его угловатым поперечным сечением, что сближает этот образец с *E. subnodosocostatum* (Sinz.) и противоречит его отнесению к *E. volgensis* (Wass.).

Описанный Р. Кейси вид *E. «subvolgensis»* (Casey) отличается от *E. volgensis* (Wass.) лишь длительным присутствием промежуточных ребер. Вероятнее всего, голотип таксона «*subvolgensis*», представленный полуоборотом раковины [6, рис. 88, фиг. d, e], является брадиморфным представителем вида М. М. Васильевского. Второй, небольшой, экземпляр *E. «subvolgensis»* (Casey) [6, табл. XXXVII, фиг. 9] по форме раковины и характеру скульптуры не отличается от типичных *E. volgensis* (Wass.).

Сравнение. На поздней зрелой стадии описанный вид отличается от *E. subnodosocostatum* (Sinz.) и *E. buxtorffi* (Jac.) круглыми и обычно более высокими оборотами, а также отсутствием бугорков.

Материал и местонахождения. 1 экз. Туркменистан – Туаркыр: Бейнеу; средний апт, зона *subnodosocostatum*.

***Epicheloniceras debile* (Casey, 1961)**

Фототабл. 4, фиг. 2

Chelonicerases (*Epicheloniceras*) *debile*: Casey, 1961, с. 595, рис. 14, фиг. b, табл. 84, фиг. 3; 1962, с. 244, рис. 85, фиг. a, b, рис. 85, фиг. c, рис. 86, фиг. b, табл. XXXVII, фиг. 3, 5, 6.

Chelonicerases (*Epicheloniceras*) *aff. debile*: Casey, 1962, табл. XXXVII, фиг. 4, 7 (?).

Форма. Раковина полуэволютная. Обороты слабо вздутые. Умбиликус умеренно широкий. Поперечное сечение оборотов на ранней зрелой стадии широкоовальное, со слабоуплощенными боками между ребрами; когда проходит через них, то звездчато-полигональное. На поздней зрелой стадии сечение выражено угловатое, восьмиугольное, с почти параллельными друг другу боковыми сторонами. Вентральная сторона на обеих стадиях довольно широкая, на поздней зрелой стадии достаточно уплощенная, резко сгибающаяся к боковым сторонам.

Скульптура. На ранней зрелой стадии относительно широкие и высокие главные ребра начинаются на умбиликальном крае и на боковых сторонах несут две пары бугорков: массивные конические латеральные и мелкие шиповидные умбиликальные. В латеральных бугорках ребра по направлению к вентральной стороне разделяются на две резко неравные по высоте и толщине ветви, только грубая из которых (обычно задняя) несет третью пару довольно высоких, массивных округлых бугорков на вентральной стороне. Промежуточные безбугорчатые ребра относительно более тонкие и низкие, вставляются по одному-два между главными, возникают вблизи умбиликального края, реже – в привентральной части боков. На вентральной стороне они аналогичны слабым ветвям главных ребер и бугорков не несут. По направлению от умбиликального края к вентральной стороне все ребра утолщаются.

На поздней зрелой стадии латеральные и умбиликальные бугорки резко уменьшаются в размерах и понижаются, становясь почти равными между собой. Ветвление главных ребер перестает быть регулярным, иногда оно происходит в умбиликальных бугорках. Быстро слабеют вентральные бугорки: сначала они имеют вид вытянутых вдоль ребер поднятий, разделенных неглубокой вдольсифональной депрессией и в разной степени выраженных на разных ребрах, затем указанная депрессия исчезает, и на вентральной стороне наблюдаются лишь поперечные ребра. Главные и промежуточные ребра, а также сохраняющиеся ветви главных ребер становятся менее дифференцируемыми и слабонервными между собой по высоте и толщине.

Сравнение. Описанный вид отличается от *E. tschernyschewi* (Sinz.) на ранней зрелой



стадии менее вздутыми оборотами и меньшим количеством промежуточных ребер. На поздней зрелой стадии отличается угловатым, восьмиугольным поперечным сечением оборотов, со сжатыми, почти параллельными друг другу боковыми сторонами и более уплощенной, резко сгибающейся к бокам вентральной стороной, меньшим количеством ребер, наличием слабых латеральных бугорков, почти равных с умбиликальными.

От *E. subnodosocostatum* (Sinz.) описанный вид отличается на ранней зрелой стадии более выраженной дифференциацией латеральных и умбиликальных бугорков и отсутствием между ними высокой перемычки, образуемой ребрами. На поздней зрелой стадии отличается присутствием промежуточных ребер и ветвлением главных, иным изменением в онтогенезе вентральных бугорков, которые не трансформируются в массивные валики, сливаясь друг с другом, а имеют вид поднятий ребер, разделенных вдольсифональной депрессией, которая впоследствии исчезает вместе с бугорками.

Материал и местонахождения. 1 экз. Казахстан – Мангышлак: Джапракты; средний апт, зона *subnodosocostatum*.

Библиографический список

1. Bogdanova T. N., Mikhailova I. A. Middle Aptian Biostratigraphy and Ammonoids of the Northern Caucasus

and Transcaspia // *Paleontological Journal*. 2016. Vol. 50, № 8. P. 725–933.

2. Sinzow I. Die Beschreibung einiger Douvilleiceras-Arten aus dem Oberen Neocom Russland // *Verhandlungen der Russisch-Kaiserlichen Mineralogischen Gesellschaft zu St. Petersburg*. Ser. 2. 1906. Bd. XLIV. S. 157–197.

3. Казанский П. А. Описание коллекции головоногих из меловых отложений Дагестана со списком форм других классов и стратиграфическим очерком. Томск: Типо-литография Сибирского Товарищества Печатного Дела, 1914. 127 с.

4. Anthula D. J. Über die Kreidefossilien des Kaukasus mit einem allgemeinen Ueberblick über die Entwicklung der Sedimentärbildungen des Kaukasus // *Beiträge zur Paläontologie und Geologie Österreich-Ungarns und des Orients*. 1899. Bd. XII, Heft II–III. S. 53–159.

5. Никишич И. И. Представители рода *Douvilleiceras* из аптских отложений на северном склоне Кавказа. Петрозаводск: Типография М. М. Стасюлевича, 1915. 53 с. (Труды Геологического комитета. Новая серия. Вып. 121).

6. Casey R. A monograph of the Ammonoidea of the Lower Greensand. London: Palaeontographical Society, 1962. Part IV. P. 217–288.

7. Василевский М. М. Заметка о пластах с *Douvilleiceras* в окрестностях города Саратова // *Труды Геологического музея имени Петра Великого Императорской Академии Наук*. 1908. Т. 2. С. 29–51.

8. Kemper E. Zur Gliederung und Abgrenzung des norddeutschen Aptium mit Ammoniten // *Geologisches Jahrbuch*. 1971. Vol. 89. S. 359–390.

Поступила в редакцию 03.06.2022; одобрена после рецензирования 10.07.2022; принята к публикации 01.09.2022
The article was submitted 03.06.2022; approved after reviewing 10.07.2022; accepted for publication 01.09.2022

ISSN 1819-7663

22004



9 771819 766302

ISSN 1819-7663 (Print). ISSN 2542-1921 (Online)
Известия Саратовского университета. Новая серия.
Серия: Науки о Земле. 2022. Том 22, выпуск 4

ИЗВЕСТИЯ САРАТОВСКОГО УНИВЕРСИТЕТА Новая серия

Серия: Акмеология образования. Психология развития
Серия: История. Международные отношения

Серия: Математика. Механика. Информатика
Серия: Науки о Земле

Серия: Социология. Политология
Серия: Физика

Серия: Филология. Журналистика

Серия: Философия. Психология. Педагогика

Серия: Химия. Биология. Экология

Серия: Экономика. Управление. Право

