

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ИЗВЕСТИЯ
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

ГЕОЛОГИЯ И РАЗВЕДКА

НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

№ 2
МАРТ—АПРЕЛЬ

ИЗДАЕТСЯ С ЯНВАРЯ 1958 г.

Выходит 6 раз в год

ФГБОУ ВО «РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ СЕРГО ОРДЖОНИКИДЗЕ»

МОСКВА-2018

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ СТАТЕЙ, ПУБЛИКУЕМЫХ В ЖУРНАЛЕ

В журнале «Известия высших учебных заведений. Геология и разведка», включенным решением ВАК в «Перечень российских рецензируемых научных журналов, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук», публикуются статьи, представляющие научный и практический интерес. Статьи, направляемые в редакцию, должны удовлетворять следующим требованиям:

1. Статья должна быть представлена в двух экземплярах, изложена в сжатой форме строгим научным языком, тщательно отредактирована. К рукописи должны быть приложены аннотация на русском языке (100—250 слов) с ключевыми словами и резюме на английском языке с ключевыми словами (100—250 слов).

2. Рукопись должна быть напечатана на компьютере кеглем 12 на белой писчей бумаге, через два интервала с полями шириной 2,5 см, без помарок и вставок. Объем статьи не должен превышать 12 страниц. В рукописи необходимо сделать ссылки на полях на таблицы и рисунки.

3. В рукописи указываются: УДК, название статьи, инициалы и фамилия автора(ов), место работы и адрес на русском и английском языках, электронные адреса авторов. Рукопись подписывается всеми авторами. В конце статьи автор сообщает адрес для переписки (лучше домашний), телефон.

4. В формулах греческие буквы обводятся красным карандашом. Прописные и строчные буквы, имеющие одинаковое написание, нужно помечать двумя черточками простым карандашом: прописные (заглавные) снизу, строчные — сверху. Трудноразличимые в рукописном обозначении буквы и знаки обязательно пояснять на полях.

5. Размерность всех величин, принятых в статье, должна соответствовать Международной системе единиц измерений (СИ).

6. Таблицы должны иметь тематические заголовки, не быть громоздкими, не дублировать текст и рисунки. Таблицы печатаются на отдельных листах и прилагаются в конце статьи.

7. Рисунки должны быть четко выполнены в черно-белом и цветном виде в компьютерных графических редакторах (CorelDRAW, Photoshop и др.). Компьютерные рисунки необходимо предоставлять в виде изображений и в исходном виде, доступно для правки (т. е. с сохранением отдельных слоёв — кривых, надписей). На обороте каждого рисунка указываются его номер, фамилия автора и название статьи. Подписи к рисункам прилагаются на отдельном листе. Микрофотографии должны иметь контрастное изображение.

8. Список литературы должен содержать все цитируемые и упоминаемые в тексте работы в алфавитном порядке, оформленный по ГОСТ (в начале — на русском языке, затем — в романском алфавите). При ссылке на изобретение необходимо указать автора, название, год, номер и страницу «Бюллетеня изобретений». Ссылки на работы, находящиеся в печати, не допускаются. Библиографическое описание дается в следующем порядке: фамилия и инициалы автора, полное название работы (для сборника статей — его название), место издания, название издательства, год издания, число страниц (для неперидических изданий) или интервал страниц (для сборников), для периодических изданий — название журнала, год выпуска, том, интервал страниц. При ссылке на литературный источник в тексте приводится порядковый номер работы в квадратных скобках, например, Н.М. Страхов [3]. Далее отдельным блоком приводится список литературы (References) в романском алфавите, повторяющийся список литературы к русскоязычной части, оформленный по стандартам Scopus. Если в списке есть ссылки на иностранные публикации, они полностью повторяются в списке, готовящемся в романском алфавите. Пример оформления журнальной статьи: Author A.A., Author B.B., Author C.C. (транслитерация) Title of article (перевод на английский). Title of Journal (транслитерация и перевод на английский), 2005, vol. 10, no. 2, pp. 49-53. (In Russ). Более подробно см. О.В. Кириллова «Редакционная подготовка научных журналов по международным стандартам». http://academy.rascp.ru/files/documents/1_2_kirillovametrec_2012.pdf Транслитерация приводится по системе BSI (см. <http://ru.translit.net/?account=bsi>).

9. Никакие сокращения слов, имен, названий, как правило, не допускаются. Разрешаются лишь общепринятые сокращения названий мер, физических, химических и математических величин, терминов и т. д.

10. Необходимо представлять статью, набранную в Microsoft Word, на CD-диске или флеш-карте или отправить её по электронной почте.

11. Статьи, не отвечающие перечисленным требованиям, возвращаются авторам для переделки. Датой поступления считается день получения редакцией окончательного текста.

12. Дополнения в корректуре против рукописи не допускаются.

13. Редакция журнала оставляет за собой право производить сокращение и редакционные изменения рукописей.

14. Оттиски авторам не высылаются.

15. В редакцию необходимо предоставлять официальное письмо-рекомендацию организации за подписью руководителя, заверенной печатью.

16. Плата за публикацию статей не взимается.

Главный редактор *А.В. Лопатин* (академик РАН)

Заместители главного редактора

В.В. Куликов, Ю.А. Попов

Члены редакционного совета

Председатель *В.А. Косьянов*

*А.И. Варламов, П.Н. Гусев, Е.А. Козловский, Пейчен Ли, В.И. Лисов, Г.А. Машковцев,
И.Г. Спиридонов, К.Н. Трубецкой* (академик РАН)

Члены редколлегии

*О.С. Брюховецкий, В.К. Гаранин, С.Д. Ганова, П.А. Игнатов, М.Н. Игнатьева, Н.Б. Кузнецов, В.С. Куликов,
М.Г. Леонов, А.В. Малков, А.В. Маслов* (член-корр. РАН), *Ю.Б. Марин*, (член-корр. РАН), *З.М. Назарова,
А.А. Никитин, Г.Н. Пилипенко, П.Ю. Плечов, В.С. Попов, А.В. Самсонов* (член-корр. РАН), *К.Ж. Семинский,
Н.В. Соловьев, А.В. Толстов, В.Ю. Фридовский, Л.Е. Чесалов, Е.Н. Шурова* (отв. секретарь)

Сдано в набор 15.02.2018.
Бумага офсет. № 1
Уч.-изд. л. 10,00.

Подписано в печать 15.04.2018.
Гарнитура Таймс
Тираж 200 экз.

Формат 60×90/8.
Усл. печ. л. 10,00.
Заказ

Адрес редакции: 117997, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, 23, МГРИ—РГГРУ. Тел.: 8(495)433-61-66.
E-mail: journal-geology@mgri-rggru.ru, shchurovaen@mgri-rggru.ru. Internet: <http://www.mgri-rggru.ru/>

© Оформление «Изн. вузов. Геология и разведка», 2018

СОДЕРЖАНИЕ

Геология

Колодяжный С.Ю. Долгоживущие структурные ансамбли Восточно-Европейской платформы. Статья 1. Тектоника фундамента 5

Подлеснов А.В., Морковин Б.И., Машенко Е.Н. Особенности геологического строения и формирования раннемелового местонахождения наземных позвоночных Шестаково (Кемеровская область, Россия) 13

Полезные ископаемые, методика их поисков и разведки

Зинчук Н.Н. Кобы выветривания как основные поставщики местного материала в мезозойские алмазоносные россыпи 24

Некрасов Е.М. О «шаге размещения» и прогнозировании золоторудных тел жильного типа 32

Гидрогеология и инженерная геология

Фисун Н.В. Гидрогеологические особенности сеноманальбского водоносного горизонта в междуречье рек Пажа и Торгоша (Сергиево-Посадский район Московской области) 45

Бураков М.М. Методы определения гидрогеологических параметров по результатам опытных выпусков из слоистых водоносных толщ с перетеканием 50

Экономика минерального сырья и геолого-разведочных работ

Борисович В.Т., Иванов В.Н., Назарова З.М. Состояние минерально-сырьевой базы благородных металлов России и их роль в современной экономике 59

Из истории науки

Стародубцева И.А., Новиков И.В. История геологического и палеонтологического изучения горы Большое Богдо 65

Краткие сообщения

Петроченков Д.А. Конкреции с фоссилиями Ульяновской области — новый вид ювелирно-поделочного сырья . . . 73

Хроника

Новгородова Л.В., Щеглов И.А., Комаров В.Н. О развитии палеонтологии на Международной научной конференции «Новые идеи в науках о Земле» 77

CONTENTS

Geology	
Kolodyazhny S.Y. Long-lived structural ensembles of the East European platform. Article 1. The basement tectonics	5
Podlesnov A.V., Morkovin B.I., Maschenko E.N. The features of the geological structure and sedimentation of the Early Cretaceous site of the terrestrial vertebrates of Shestakovo (Kemerovo Region, Russia)	12
Useful minerals, methods of their prospecting and exploration	
Zinchuk N.N. Crusts of weathering as basic suppliers of terrigenous material during formation of ancient diamondiferous placers	24
Nekrasov E.M. On step of allocation and forecasting of the vein gold ore bodies	32
Hydrogeology and engineering geology	
Fisun N.V. Hydrogeological characteristics of the Cenomanian-Albian aquifer in the interfluvium of the rivers Pazha and Torgosha (Sergiev Posad district of the Moscow region)	45
Burakov M.M. Methods of the determination of the hydrogeological parameters on the results of the experimental constant-rate pumping tests from the layered aquifers with overflow	50
Mineral and geological exploration economics	
Borisovich V.T., Ivanov V.N., Nazarova Z.M. The status of the mineral raw materials base of precious metals of Russia and their role in the modern economy	59
From the history of science	
Starodubtseva I.A., Novikov I.V. The history of geological and paleontological study of Bolshoye Bogdo mountain	65
Brief reports	
Petrochenkov D.A. Concretions with fossils of the Ulyanovsk region – a new kind of jewelry-ornamental raw materials	73
Chronics	
Novgorodova L.V., Shcheglov I.A., Komarov V.N. Discussions about the development of the paleontology at the International scientific conference «New ideas in the Earth sciences»	77

ГЕОЛОГИЯ

УДК 551.243 (571.1)

ДОЛГОЖИВУЩИЕ СТРУКТУРНЫЕ АНСАМБЛИ ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ ПЛАТФОРМЫ. СТАТЬЯ 1. ТЕКТОНИКА ФУНДАМЕНТА

С.Ю. КОЛОДЯЖНЫЙ

*Геологический институт РАН
7, Пыжевский пер., г. Москва 119017, Россия
e-mail: kolod63@mail.ru*

Рассмотрены особенности тектоники архей-протерозойского фундамента Восточно-Европейской платформы (ВЕП). Отмечено большое значение долгоживущих тектонических зон, которые формировались на протяжении всего палеопротерозоя в результате циклического повторения процессов рифтогенеза и сжатия с элементами сдвига. Они объединяют разноранговые структуры, часто совмещённые в пространстве: системы рифтов и коллизионные орогенные пояса, зоны транстенсии и транспрессии, а также структуры, связанные с тектоно-плитными процессами. Особую роль играют структурные ансамбли, имеющие нелинейный принцип организации: структуры вращения различного масштаба, концентрически замкнутые и спиралевидные сдвиги, дугообразные ороклины и горизонтальные протрузии. Система долгоживущих нарушений образует гигантскую вихревую структуру в масштабе всей ВЕП, закрученную по часовой стрелке. Её центр расположен в районе Верхневолжского геодинамического узла. Процессы вращения этой структуры объясняют многие особенности тектоники фундамента ВЕП.

Ключевые слова: внутриплитная тектоника; геодинамика; зона сдвига; рифтогенез; коллизия; кинематика; вихревая структура; Восточно-Европейская платформа.

**LONG-LIVED STRUCTURAL ENSEMBLES OF THE EAST EUROPEAN PLATFORM.
ARTICLE 1. THE BASEMENT TECTONICS**

S. Y. KOLODYAZHNY

*Geological Institute of the Russian Academy of Sciences
7, Pyzhevsky street, Moscow 19017, Russia
e-mail: kolod63@mail.ru*

General features of the basement tectonics of the East European platform (EEP) have been considered. The important role of the long-lived Paleoproterozoic tectonic zones has been noted. They were formed due to the cyclic processes of rifting and compression combined with the strike-slip shearing. They include different structures often superimposed in space: systems of rifts and collisional orogenic belts, transtensional and transpressional zones, ensembles associated with tectonic-plate processes. A special role belongs to the non-linear structures: different scaled rotational structures, concentric and spiral shaped shears, the arcuate orocline belts and horizontal protrusions. Long-lived Proterozoic zones form a giant vortex structure twirled in a clockwise direction, the pole of which is located in the center of the Upper-Volga geodynamic node. The rotational processes of this giant structure can explain many tectonic features of the EEP development.

Key words: intraplate tectonics; geodynamics; shear zone; rifting; collision; kinematics; vortex structure; East European platform.

Многими исследователями отмечалась пространственная связь крупнейших разновозрастных структур Восточно-Европейской платформы (ВЕП): палеопротерозойских орогенных поясов и сутурных зон с рифейскими авлакогенами, которые в свою очередь контролируют позицию осевых частей платформенных синеклиз, инверсионных валов и тектонических нарушений плитного чехла [4—6, 8, 9, 13, 18, 21]. Эта особенность, предполагающая унаследованное и, возможно, динамическое преемственное развитие структур, имеет важные научно-прикладные следствия. Обнаружение рядов разновозрастных структур, совмещенных в пространстве, либо образующих единую вертикальную последовательность в разрезе всех этажей платформы, позволяет рассматривать такие сочетания в качестве долгоживущих тектонических форм. Разработка моделей эволюции разноранговых структур такого рода составляет важную фундаментальную задачу. Процессы многократной тектонической активизации долгоживущих структур могли играть важную роль в накоплении, последующей миграции и перераспределении полезных ископаемых, в частности, углеводородов.

Изучение долгоживущих структур ВЕП проводилось на основе комплексного анализа геолого-структурных и геофизических материалов, космоснимков и карт цифрового рельефа поверхности земли. Широко использовались опубликованные материалы, а также результаты многолетних (1993—2017 гг.) полевых исследований автора в пределах Балтийского щита, Воронежского выступа и Русской плиты. В итоге на общей географической основе был составлен пакет геолого-структурных карт, отражающих современное состояние исследований и характеризующих строение различных этажей ВЕП. Главными элементами пакета являются следующие карты: 1) тектоники докембрийского фундамента, 2) рельефа кровли фундамента и строения рифейских авлакогенов, 3) структурные карты различных горизонтов плитного чехла, 4) современной поверхности рельефа. Расположение данных картографических образов в единой вертикальной последовательности, соответствующей реальному строению ВЕП, позволяет рассматривать и сопоставлять особенности строения различных глубинных уровней платформы с помощью компьютерных технологий.

В серии статей будут рассмотрены особенности строения различных этажей ВЕП на основе анализа соответствующих структурных карт. При этом главное внимание будет уделено долгоживущим структурам, имеющим ключевую позицию в организации всего структурного ансамбля платформы.

Общие черты тектоники фундамента

До недавнего времени наибольшей популярностью пользовалась схема строения фундамента

ВЕП, составленная С.В. Богдановой, которая выделила три крупнейших сегмента древнего кратона: Фенноскандинавский, Сарматский и Волго-Уральский, разделённые сутурными зонами [18, 21]. Исследования последних лет позволили уточнить и детализировать эту схему на основе комплексных геолого-геофизических работ, результаты которых опубликованы в коллективной монографии [6]. По сравнению с этим первоисточником предлагаемая структурная схема упрощена и несколько переосмыслена в отношении геологической нагрузки, но дополнена структурной информацией, полученной в процессе полевых работ, дешифрирования карт магнитных и гравиметрических аномалий, а также анализа опубликованных материалов [1, 2, 5, 7, 10, 13, 16, 19, 21] (рис. 1).

В строении фундамента ВЕП преобладают крупные сегменты с корой архейского возраста (3,6—2,6 млрд лет), внутри которых обособлены массивы второго порядка (рис. 1). Карельский кратон и центральная часть Сарматии имеют архейское гранит-зеленокаменное основание. Волго-Уральский сегмент представляет собой ареал развития архейских гранулитогнейсов, в строении которого обособлены субизометричные овоиды, сложенные породами повышенной плотности и имеющие глубокие корни (на уровне мантии), а также обрамляющие их протяженные пояса, образующие складчато-надвиговые структуры верхней коры [1, 6]. Разноранговые архейские домены имеют клиновидные (Кольско-Мезенская, Волго-Уральская, Курский и Хопровский массивы Сарматии), либо овальные очертания (Карельский кратон). Они ограничены палеопротерозойскими (2,5—1,7 млрд лет) поясами различного состава и генезиса. Самым крупным из них является Лапландско-Беломорско-Среднерусский (ЛБС) палеорогенный пояс, огибающий Карельский кратон и образующий мегаструктурную дугу. Этот пояс охватывает обширные территории севера ВЕП и образует центриклинальное замыкание в центральной её части (рис. 1). Пояс, а также большинство других палеопротерозойских поясов различного ранга имеют радиальную ориентировку и при этом спиралевидно закручены по часовой стрелке, образуя гигантскую (в масштабе всей платформы) вихревую структуру (рис. 1). Эту особенность отмечали многие исследователи, но варианты отображения и интерпретации этой структуры были различны [4, 13, 15, 19]. Протерозойские пояса и вершины клиновидных архейских кратонов сходятся в центральной части ВЕП в пределах округлой области диаметром 350—400 км. Её центр расположен в районе г. Тверь в верховьях р. Волги, а периферия соответствует очертаниям центриклинального замыкания западной части ЛБС пояса. Этот геодинамический узел рассматривается в качестве Верхневолжской провинции, в основании

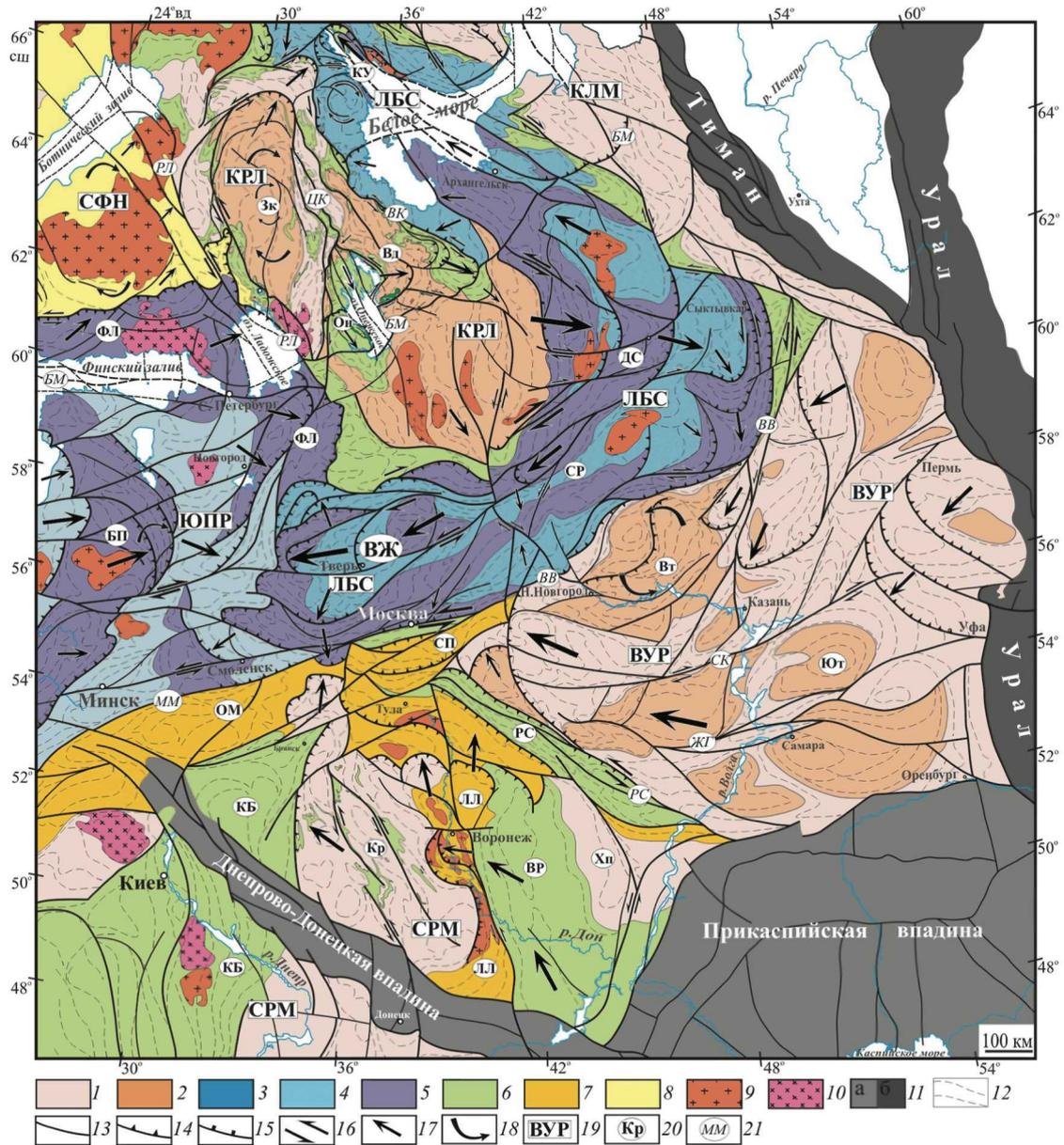


Рис. 1. Структурная схема фундамента Восточно-Европейской платформы (с использованием данных [1, 2, 5–7, 10, 13, 16, 19, 21]): 1–2 – архейские кратоны (1) и их внутренние массивы (2); 3–4 – интенсивно переработанные в протерозое гнейсы различного возраста; 5 – палеопротерозойские гранулиты; 6–9 – палеопротерозойские комплексы: 6 – вулканогенно-осадочные (рифтогенные и окраинно-континентальные), 7 – вулканоплутонические (активные окраины), 8 – вулканогенно-осадочные (островодужно-аккреционные), 9 – гранитоидные, 10 – граниты-рапакиви; 11 – фанерозойские впадины (а) и орогенные пояса (б); 12 – структурные линии; 13–15 – разрывы: 13 – преимущественно взбрососдвиги, 14 – взброснадвиги, 15 – сбросы; 16–17 – направления свекофенских перемещений: 16 – сдвиговые, 17 – надвиговые, 18 – ротационные; 19–21 – названия структур: 19 – первого, 20 – второго порядков, 21 – долгоживущих зон сдвига; архейские кратоны: КРЛ – Карельский (массивы: Зк – Западно-Карельский, Вл – Волдозерский), ВУР – Волго-Уральский (овоиды: Вт – Ветлужский, Ют – Южно-Татарский); СРМ – Сарматский (массивы: Кр – Курский, Хп – Хопровский); КЛМ – Кольско-Мезенский; орогенные пояса: ЛБС – Лапландско-Беломорско-Среднерусский (сегменты: КУ – Колвицко-Умбинский, ДС – Двинско-Сухонский, СР – Среднерусский, ВЖ – Верхневолжский геодинамический узел), ЮПР – Южно-Прибалтийский (пояса: БП – Беларуско-Прибалтийский, ФЛ – Южно-Финско-Ладожский), СФН – Свекофенский; палеопротерозойские пояса активных окраин: ОМ – Осницко-Микашевичский, СП – Серпуховский, ЛЛ – Липецко-Лосевский; палеопротерозойские рифтогенные и окраинно-континентальные пояса: РС – Рязано-Саратовский, ВР – Воронцовский, КБ – Криворожско-Брянский; долгоживущие зоны сдвига: ВВ – Владимир-Вятская, СК – Сурско-Камская, ЖГ – Жигулевская, РС – Рязано-Саратовская, ММ – Могилевско-Московская, РЛ – Раахе-Ладожская, ЦК – Центрально-Карельская, ВК – Восточно-Карельская, БМ – Балтийско-Мезенская

которой на глубинах 175–250 км моделируется высокоплотная аномалия [13]. Выделяемый Р.Г. Гарецким с соавторами Слободской геодинамический узел аналогичного типа в нашем понимании является частным элементом и соответствует западной окраине Верхневолжской структуры [4].

Палеопротерозойские рифтогенные комплексы

Палеопротерозойские образования в пределах архейских массивов представлены вулканогенно-осадочными рифтогенными комплексами и генетически связанными с ними интрузиями бимодального состава [6]. Проявления магматизма образуют вертикальную колонну разноглубинных образований (сверху вниз): вулканы и расслоенные интрузии мафит-ультрамафитов верхней коры, комплексы друзитов (метаморфизованные мафит-ультрамафиты) и чарнокитов средней и нижней коры, тела габбро-анортозитов, размещавшихся в нижней коре. Эти комплексы формировались во внутриконтинентальной обстановке рассеянного рифтогенеза в связи с развитием плюмов. Выделяются две стадии тектоно-магматической активности в начале и конце палеопротерозоя (2,53–2,42 и 2,1–1,95 млрд лет), каждая из которых завершалась метаморфизмом и складчатостью — раннего селецкого и позднего свекофеннского (1,9–1,8 млрд лет) этапов [6, 7].

В центральных частях Карельского и Курского кратонов вулканогенно-осадочные комплексы локализованы в сдвиговых зонах, кинематика которых во многом определила их современную структуру [7]. В раннем и позднем палеопротерозое зоны сдвига развивались на фоне рифтогенеза в условиях трансенсии и контролировали формирование присдвиговых депрессий типа пулл-апарт и клиновидных прогибов в сегментах виргации сдвигов. В селецкое, но главным образом в свекофеннское время, в результате кинематической инверсии и проявления транспрессии толщи протерозоя в зонах сдвига были смяты в кулисно расположенные синклинальные структуры, которые в плане имеют линейные, клиновидные и ромбовидные очертания (рис. 2). Эти «синформные сдвиги» в одних случаях имеют форму пальмового дерева, в других — асимметричную за счёт срезания разрывами одного из крыльев. Они осложнены разноранговыми диагональными, коническими и горизонтальными складками. Анализ мезоструктур указывает на сдвиговые, взбрососдвиговые и сдвигонадвиговые перемещения вдоль сдвиговых зон [7].

Вдоль границ крупнейших сегментов ВЕП континентальный рифтогенез локально и кратковременно сменялся спредингом и раскрытием микроокеанов, а в дальнейшем их конвергентным сжатием и коллизией. Сформировавшиеся при этом структуры рассматриваются в качестве сутурных

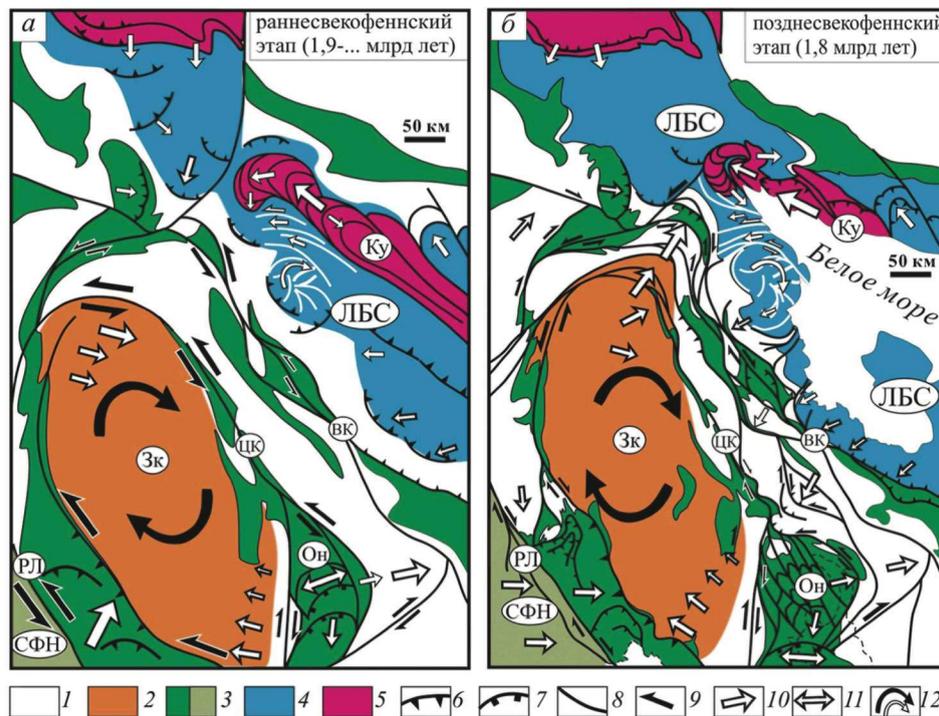


Рис. 2. Структурно-кинематическая модель эволюции северо-восточной части Балтийского щита в палеопротерозое на ранне- (а) и позднесвекофеннской (б) стадиях (по [7]): 1 – 2 – архейские комплексы; 3 – палеопротерозойские вулканогенно-осадочные пояса; 4 – Лапландско-Беломорско-Среднерусский пояс; 5 – палеопротерозойские гранулиты; 6 – надвиги; 7 – сбросы; 8 – сдвиги; 9 – 11 – направления: 9 – сдвиговых, 10 – горизонтальных перемещений, 11 – растяжения, 12 – вращения; другие усл. обознач. на схемах см. рис.1.

зон, которые на сейсмических профилях МОВ ОГТ выражены пакетами отражений, образующими границы трансформных полого наклонных пластин [6]. Согласно другим интерпретациям, эти сейсмические отражения соответствуют архейским сутурам, либо зонам бластомилонитов, развитым вдоль долгоживущих детачментов [7].

Западно-Карельский массив почти по всему периметру обрамлен палеопротерозойским вулканогенно-осадочным поясом, вовлеченным в сдвиговые и сдвиго-надвиговые перемещения. На западе массива развита Раахе-Ладожская зона сдвига и её ответвления, на востоке — Центрально- и Восточно-Карельская, на севере — дугообразные смыкающие сегменты (рис. 2). Структурные данные [7, 12] показывают, что в палеопротерозое и преимущественно на ранней стадии свекофеннской коллизии вдоль всей этой циркумкарельской системы зон проявлялись единообразные левосдвиговые перемещения. Из этого следует, что Западно-Карельский массив испытывал вращение по часовой стрелке. Это вращение адаптировалось за счёт концентрических левосдвиговых смещений и процессов растяжения, локализованных к юго-востоку от массива, где в результате деструкции коры сформировалась Онежская депрессия и имело место проявление надплюмового магматизма (рис. 2) [7].

Во многом сходную структуру вращения образует сквозькоровый Ветлужский овоид в северо-западной части Волго-Уральского сегмента [1, 6] (рис. 1). Он имеет округлые дельтаобразные (δ) очертания, подчеркнутые гравитационной аномалией, и внутреннюю спиралевидную структуру типа «снежный ком», отображаемую полосовыми аномалиями локальной намагничённости (рис. 3). Спираль, видимо, образована сдвигонадвигами, закрученными против часовой стрелки и облегающими изометричный Уреньский блок. Предпола-

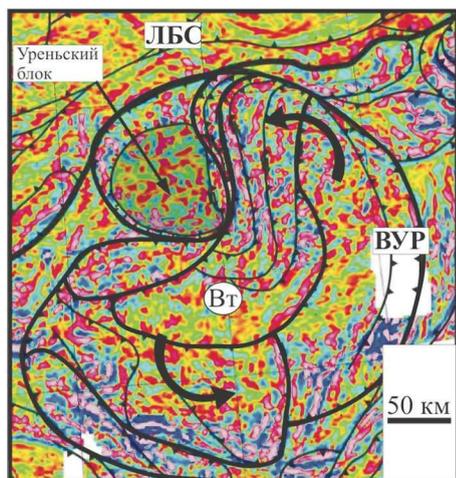


Рис. 3. Отображение Ветлужской спиралевидной структуры вращения в поле локальных аномалий намагничённости (с дополнениями [6]): усл. обознач. на схеме см. рис. 1.

гается, что вращение этой овоидной структуры было связано с винтообразным перемещением вещества архейского мантийного плюма высокого порядка [6].

Палеопротерозойские комплексы активных окраин

В пределах Сарматии Курский кратон обрамляется широким ореолом палеопротерозойских поясов, формировавшихся в различных обстановках межплитного взаимодействия в интервале времени от 2,2 до 2,0 млрд лет, что завершилось досвекофенскими коллизионными преобразованиями (2,08—2,02 млрд лет) [2, 4, 6]. В строении этих поясов обособлены тектонические чешуи дугообразной конфигурации, морфология которых указывает на надвиговые перемещения в западном и север—северо-западном направлениях, следующих соответственно по концентрическим и центростремительным (в направлении Верхневолжского узла) траекториям перемещений. Предполагается, что Сарматия развивалась независимо по отношению к более северным сегментам ВЕП и испытала с ними коллизионное взаимодействие лишь в свекофенское время (1,9—1,8 млрд лет), в результате чего сформировались ограничивающие её сутурные зоны (Рязано-Саратовская, Могилевско-Московская) [6].

Свекофенский аккреционный палеороген охватывает обширный ареал на северо-западе ВЕП (рис. 1). В его строении участвуют островодужные, задуговые и междуговые комплексы, сформировавшиеся за короткое время (1,91—1,87 млрд лет) [6, 22]. Эти образования были аккрецированы к окраине Карельского кратона, испытав надвигово-подвиговые и сдвиговые перемещения в условиях транспрессии [12, 22]. В палеорекострукции М. Ниронена [22] показано, что при развитии орогена существовало не менее двух зон субдукции и связанных с ними островодужных структур, которые были ориентированы под углом к окраине Карельского кратона и в процессе косоугольной конвергенции испытывали вращение. Это отразилось в сочетании надвиговых и сдвиговых перемещений, а в конечном итоге привело к развитию зоны транспрессии вдоль границы с карелидами.

Южно-Прибалтийский (ЮПР) сегмент рассматривается как часть Свекофенского орогена [2, 4, 18, 20, 21], либо как продолжение ЛБС пояса [6]. В отличие от типичных умеренно метаморфизованных свекофеннид эта область образована последовательностью дугообразных в плане поясов, сложенных породами, уровень метаморфизма которых достигает гранулитовой фации. Ювенильные вулканоплутонические комплексы формировались в течение интервала от 2,1 до 1,80 млрд лет, постепенно омолаживаясь к западу, что характерно и для гранулитового метаморфизма [6, 20]. В состав-

ве сегмента обособлены два гранулитогнейсовых пояса, которые маркируются пространственно совмещенными гравиметрическими и магнитными аномалиями. Пояса имеют чешуйчато-надвиговое строение, обусловленное системой литрических надвигов, погружающихся преимущественно в западных румбах и выполаживающихся на уровне средней коры [4]. Дугообразные очертания поясов конформны изгибу центральной части ЛБС пояса. Они также обращены выпуклостью в восточных румбах, что указывает на соответствующее направление надвигания, и могут рассматриваться как одна из ветвей вихревой структуры ВЕП. Предположение о том, что ЮПР сегмент является продолжением ЛБС пояса требует дополнительных исследований, но если это так, то он может рассматриваться в качестве аналога структурных дуг Альпийско-Гималайского орогена (Карпатская структурная петля и др.) (по [9]).

Лапландско-Беломорско-Среднерусский пояс

Лапландско-Беломорско-Среднерусский (ЛБС) палеорогенный пояс является одним из главных элементов тектоники фундамента ВЕП и отделяет Карельский кратон от Кольско-Мезеньского, Волго-Уральского и Сарматского сегментов. Он образует гигантскую дугообразную структуру общей протяженностью около 2400 км (рис. 1). В пределах Балтийского щита он хорошо обнажен и прослеживается от северной границы ВЕП в юго-восточном направлении в район Белого моря, а затем под чехлом Русской плиты в долины рек Пинега и Северная Двина. В районе слияния последней с р. Сухона ЛБС пояс испытывает плавный поворот примерно на 90° и далее тянется к юго-западу на протяжении около 1000 км, после чего, в районе Верхневолжского геодинамического узла образует центриклинальное замыкание. В строении пояса участвуют интенсивно переработанные в палеопротерозое архейские гранит-зеленокаменные комплексы, палеопротерозойские гранулитогнейсы дискуссионного генезиса, рифтогенные интрузии друзитов и габбро-анортозитов (2,53—2,42 и 2,11—1,92 млрд лет). Пояс имеет сложное покровно-складчатое внутреннее строение и дивергентную конфигурацию по отношению к смежным кратонам [6, 7, 11, 14]. Слагающие его комплексы пород в архее и палеопротерозое претерпели высокотемпературные полистадийные тектоно-метаморфические преобразования, достигающие условий гранулитовой и эклогитовой фаций [6]. Все это позволяет полагать, что в палеопротерозое данные образования находились на уровне нижней—средней коры и были выжаты к поверхности в виде дивергентных покровов и продольных протрузий (см. ниже) в результате свекофенских коллизионных событий [6, 7, 14].

Структурный рисунок ЛБС пояса подчеркивается протяженными полосовыми гравиметрическими и сопряженными с ними прерывисто-линзовидными магнитными аномалиями. На картах локальных аномалий намагниченности эти полосы имеют тонкорасслоенный структурный рисунок, подчеркивающий изгибы структур и характер смещений вдоль нарушений. В пределах Балтийского щита эти гравимагнитные аномалии соответствуют обнаженным и хорошо изученным палеопротерозойским гранулитогнейсовым поясам, развитым в осевой части пояса. В центральной части ЛБС пояса под чехлом Русской плиты полосы гранулитов (аномалий) расщепляются и распределяются преимущественно вдоль его краевых частей (рис. 1). В области перегиба центральной части ЛБС пояса они повторяются трижды, что указывает на торшение и скучивание дугообразных в плане пластин в процессе их надвигания к востоку. В целом эти структуры образуют гигантский Двинско-Сухонский ороклад, в пределах которого ширина ЛБС пояса достигает 450 км, тогда как в областях его структурного перегиба она сокращается до 250—150 км.

В западной части Верхневолжского узла пояса гранулитов сходятся, образуя центриклиналь чешуйчато-надвигового строения. Структурный рисунок этой области позволяет рассматривать её в качестве фронтальной части горизонтальной протрузии, где в результате продольного к простиранию ЛБС пояса тектонического течения произошло нагнетание, скучивание и надвигание тектонических пластин к западу — во встречном направлении по отношению к надвигам ЮПР сегмента ВЕП (рис. 1). При этом в области нагнетания обособились структуры выжимания второго порядка с надвижением пластин в борта пояса к северу и югу. В крыльях этой протрузии почти до самого Двинско-Сухонского ороклада в облик магнитного поля дешифрируются структурные рисунки, напоминающие гигантские С-С структуры, которые указывают на сдвиговые (сдвигонадвиговые) перемещения: правосторонние в северном крыле и левосторонние — в южном. Эти фланговые зоны сдвига под большими углами, а иногда и ортогонально срезают структуры смежных сегментов ВЕП. Судя по смещениям отдельных аномалий, можно предполагать амплитуды перемещений от 200 до 500 км. Фронтальная часть Средневолжской протрузии надвинута к западу на южное крыло Южно-Финско-Ладожского дугообразного пояса — покрова, который сформировался 1,80—1,78 млрд лет назад [6]. Близкий возраст должна иметь и рассматриваемая структура. Пересекающий Верхневолжскую протрузию сейсмопрофиль 1-ЕВ демонстрирует её синформное строение, и что она дискордантно перекрывает пакеты отражений (детачментов) полого погружающихся в южных румбах и

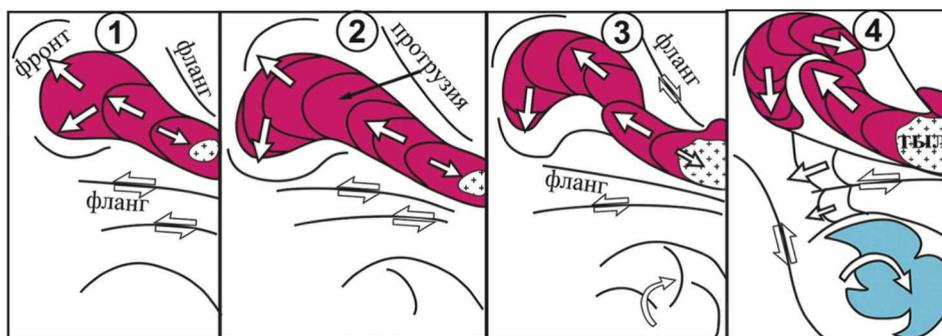


Рис. 4. Этапы развития Колвицко-Умбинской горизонтальной протрузии (по [7])

достигающих мантии [6]. Аналогичные монокли-нальные пакеты отражений, но погружающиеся к северо-востоку, зафиксированы в основании северной части ЛБС пояса вдоль профиля 4В [7]. В следующих статьях данного цикла будет показано, что такая совокупность структур была активизирована в неопротерозое и фанерозое.

На северо-западе ЛБС пояса в районе Белого моря нами детально изучена Колвицко-Умбинская горизонтальная протрузия, которая является структурным аналогом Верхневолжской и отличается от неё лишь меньшими размерами (рис. 2, б) [7]. Модель эволюции этой структуры демонстрирует процесс продольного тектонического течения геомасс в условиях транспрессии. Результатом этого явились процессы многократного тектонического телескопирования (рис. 4). На ранних стадиях развития протрузии происходило в форме однонаправленного потока, обусловившего формирование фестончатых вложенных одна в другую чешуй и пластин (рис. 4, стадии 1, 2). В дальнейшем во фронте протрузии обособилась область нагнетания и сдвигания пояса, а затем и выдавливания горных масс в борта протрузии из сегмента её инденторного воздействия (рис. 4, стадии 3, 4). Помимо таких крупных мегаструктур в строении ЛБС пояса участвуют и мелкие горизонтальные протрузии размером в несколько метров, что иллюстрирует принцип подобия и фрактальную организацию структурных ансамблей.

Обсуждение

Многие исследователи сходятся во мнении, что к концу архея сформировался первый в истории Земли суперконтент Пангея 0 [14, 17]. На протяжении палеопротерозоя в результате рифтогенеза он был подвержен частичной деструкции, но сформировавшиеся при этом микроплиты оставались в близких пространственных соотношениях и в конце палеопротерозоя вновь сомкнулись, воссоздав суперконтинент Пангея 1 [17]. Рифтогенез лишь локально достигал стадии формирования микро-

океанов красноморского типа. Колоссальные масштабы проявления, синхронность и петрохимические особенности рифтогенных процессов указывают на их связь с суперплюмом [6, 14]. В пределах ВЕП следы этого глобального явления зафиксированы следующей надрегиональной последовательностью событий: 1) ранний рифтогенез (2,53—2,42), завершившийся проявлением метаморфизма и складчатостью селецкого этапа; 2) поздние рифтогенные преобразования, обусловившие локальное раскрытие микроокеанов (2,1—1,95 млрд лет), и завершающие их тектоно-метаморфические процессы, связанные с коллизионными сшивающими событиями свекофеннского этапа (1,9—1,8 млрд лет); 3) постколлизионные магматические события (граниты рапакиви и др.) (1,7 млрд лет) [6]. В процессе свекофеннской коллизии все фрагменты раздробленного кратона (ВЕП), а также аккреционные комплексы его окраин были окончательно спаяны в одно целое, сформировав инфраструктуру фундамента будущей платформы.

Палеопротерозойские структурно-вещественные преобразования были сконцентрированы преимущественно в пределах долгоживущих тектонических зон различного ранга, имеющих спиралевидно-радиальную ориентировку и обеспечивающих клиновидную в плане делимость кратона (ВЕП). На ранних стадиях они были представлены рифтогенными зонами трансенсии, которые в ходе эволюции в конечном итоге трансформировались в транспрессионные структуры. Гигантский ЛБС пояс, по сути, также представлял собой глубинную корневую часть обширной рифтовой структуры, испытывавшей выдавливание к поверхности в виде системы дивергентных покровов и продольных протрузий в условиях транспрессии [7]. Его развитие, вероятно, было связано с листрическими разломами, которые на стадиях рифтогенеза представляли собой сдвигосбросы на уровне верхней коры, а на нижнекоревых уровнях — пологие detachments (модель асимметричного рифтинга [23]). В условиях коллизии эти нарушения испытали кинематическую инверсию и трансформировались в взбрососдвиги и покровы [7, 14].

Выводы

В истории развития протерозойских структур режимы растяжения и сжатия (всегда с элементами сдвига) повторялись не менее двух раз. Эти пульсирующие внутриплитные движения трудно связать с внешними источниками напряжений, которые должны были обеспечить одновременное раскрытие и последующее сжатие радиально-ориентированных рифтовых структур. Модель плюма, размеры которого были сопоставимы с размерами ВЕП, хорошо объясняет процессы развития радиальной системы рифтов [6, 13]. Но механизм последующего сжатия и схождение микроплит должен быть иным. Можно предположить, что если древний кратон ВЕП на стадии отмирания плюма испытывал вращение по часовой стрелке, то во всем его объёме должны были возникнуть радиальные и концентрические системы траекторий осей сжатия и растяжения (согласно моделям [3]). Модель «ирисовой диафрагмы» наилучшим образом визуально объясняет процессы схождения микроплит и сжатия разделяющих их структур. Она предполагает концентрические и радиально-центростремительные перемещения лепестков диафрагмы, разделённых «детachmentами», их вращение, взаимные надвигания и сдвиговые смещения. Данные кинематические элементы находят отражение в морфологии структурных ансамблей фундамента ВЕП, с той разницей, что природные деформации часто имеют характер объёмного тектонического течения (рис. 1). Более подробно эти аспекты мы обсудим в следующих статьях цикла совместно с анализом структурных ансамблей плитных комплексов, поскольку, их развитие во многом было связано с тектоникой фундамента.

1. В строении фундамента ВЕП важную роль играют долгоживущие тектонические зоны и пояса, контролирующие её внутреннюю делимость. Они формировались на протяжении всего палеопротерозоя в результате циклического повторения процессов рифтогенеза и сжатия с элементами сдвига (транстенсии и транспрессии).

2. Палеопротерозойские тектонические ансамбли объединяют разноранговые структуры, часто совмещенные в пространстве: системы рифтов и коллизионные орогенные пояса, зоны транстенсии и транспрессии, включающие присдвиговые впадины (пулл-апарт и др.) и осложняющие их структуры сжатия, а также ансамбли, связанные с тектоно-плитными процессами.

3. Особую роль играют системы структур, имеющих нелинейный принцип организации: структуры вращения различного масштаба, концентрически замкнутые и спиралевидные сдвиги, дугообразные ороклины и горизонтальные протрузии. Многие из них организованы фрактально, что является важным признаком нелинейной геодинамики.

4. Система долгоживущих тектонических зон образует гигантскую вихревую структуру, закрученную по часовой стрелке, центр которой располагается в районе Верхневолжского геодинамического узла. Процессы вращения этой структуры объясняют многие закономерности развития структур фундамента ВЕП.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (гранты № 18-05-00485, 18-05-00733) и государственной темы № 0135-2016-0012.

ЛИТЕРАТУРА

- Богданова С.В. Земная кора Русской плиты в раннем докембрии (на примере Волго-Уральского сегмента). (Тр. ГИН АН СССР; Вып. 408). М.: Наука, 1986. 224 с.
- Богданова С.В., Гарецкий Р.Г. Проект EUROBRIDGE: Палеопротерозойская аккреция и коллизия коры в Фенноскандии и Сарматии. Геология и геофизические образы // Строение и динамика литосферы Восточной Европы / Ред. А.Ф. Морозов, Н.В. Межеловский, Н.И. Павленкова. М.: ГЕОКАРТ: ГЕОС, 2006. Гл. 2. С. 221–290.
- Бондаренко П.М. Моделирование полей напряжений, прогноз дислокаций в сдвиговых зонах и их систематика // Сдвиговые тектонические нарушения и их роль в образовании месторождений полезных ископаемых. М.: Наука, 1991. С. 37–52.
- Гарецкий Р.Г., Каратаев Г.И. Тектоногеодинамическая модель сочленения Фенноскандинавского и Сарматского сегментов Восточно-Европейской платформы // Геология и геофизика. 2011. Т. 52. № 10. С. 1557–1566.
- Гафаров Р.А. Сравнительная тектоника фундамента и типы магнитных полей древних платформ. М.: Наука, 1976. 270 с.
- Глубинное строение, эволюция и полезные ископаемые раннедокембрийского фундамента Восточно-Европейской платформы: Интерпретация материалов по опорному профилю 1-ЕВ, профилям 4В и ТАТСЕЙС: В 2 т. М.: ГЕОКАРТ: ГЕОС, 2010. Т. 2. 400 с.
- Колодяжный С.Ю. Структурно-кинематическая эволюция юго-восточной части Балтийского щита в палеопротерозое. (Тр. ГИН РАН; Вып. 572). М.: ГЕОС, 2006. 332 с.
- Колодяжный С.Ю. Структурно-кинематические парагенезы в осадках фанерозойского чехла Среднерусской зоны дислокаций // Геотектоника. 2010. № 2. С. 56–76.
- Леонов М.Г., Копп М.Л., Колодяжный С.Ю., Зыков Д.С., Рязанцев А.В., Дегтярёв К.Е., Баженов М.Л. Латеральные тектонические потоки в литосфере Земли. (Труды ГИН: вып. 604). М.: ГЕОС, 2013. 318 с.
- Международная тектоническая карта Европы. М-6 1:5 000 000. Врезка: Карта фундамента Восточно-Европейской и Западно-Европейской платформ. М-6 1:10 000 000 / Ред. С.В. Богданова, Р.М. Горбачев, В.Д. Брежнев. Париж: Комиссия геологической карты мира, 1996.
- Миллер Ю.В., Милькевич Р.И. Покровно-складчатая структура Беломорской зоны и ее соотношение с Карельской гранит-зеленокаменной областью // Геотектоника. 1995. № 6. С. 80–92.
- Морозов Ю.А. О роли транспрессии в формировании структуры свекокарелид Балтийского щита // Геотектоника. 1999. № 4. С. 37–50.
- Орвецкий Ю.П. К проблеме генетического основания древней Восточно-Европейской платформы // Геофизический журнал. 2010. № 3. Т. 32. С. 106–111.
- Рундквист Д.В., Минц М.В., Ларин А.М., Ненахов В.М., Рыцк Е.Ю., Турченко С.И., Чернышов Н.М. Металлогения рядов геодинамических обстановок раннего докембрия. М.: МПР РФ, РАН: ГЕОКАРТ, 1999. 399 с.
- Слензак О.И. Вихревые системы литосферы и структуры докембрия. Киев: Наук. думка 1972. 182 с.

16. Тектоническая карта фундамента территории СССР, м-б: 1:5000000. АН СССР, ИГГД АН СССР, Министерство геологии СССР / Ред. В.А. Дедеев, Д.В. Наливкин. М., 1974.
17. Хаин В.Е., Божко Н.А. Историческая геотектоника. М.: Недра, 1988. 382 с.
18. Bogdanova S.V. Segments of the East European Craton // Europrobe in Jablonna. Warszawa, 1993. P. 33–38.
19. Bogdanova S.V., Gafarov R.G., Tchernook S.V. Tectonic map of the basement of the East European craton. Scale 1 : 10 000 000. Moscow: Ministers of Geology of the USSR, 1984.
20. Claesson S., Bogdanova S.V., Bibikova E.V., Gorbatschev R. Isotopic evidence for Palaeoproterozoic accretion in the basement of the East European Craton // *Tectonophysics*. 2001. T. 339. N 1–2. P. 1–18.
21. Gorbatschev R., Bogdanova S. Frontiers in the Baltic Shield // *Precambrian Research*. 1993. Vol. 64 N 1. P. 3–21.
22. Nironen M. The Svecofennian Orogen: A tectonic model // *Precambrian Res.* 1997. Vol. 86. P. 21–44.
23. Wernicke B. Uniform sense normal simple shear of the continental lithosphere // *Canad. J. Earth Sci.* 1985. V. 22. P. 789–795.

REFERENCES

1. Bogdanova S.V. *The crust of the Russian plate in the early Precambrian* (on the example of the Volga-Ural segment). (Proceedings of GIN, Academy of Sciences USSR, V. 408). M., Nauka Publ., 1986, 224 p. (In Russian).
2. Bogdanova S.V., Gareckij R.G. The project EUROBRIDGE: Paleoproterozoic accretion and collision of the crust in Fennoscandia and Sarmatia. Geology and geophysical images. *Structure and dynamics of the lithosphere of Eastern Europe*. Ed. A.F. Morozov, N.V. Mezhelovskij, N.I. Pavlenkova. M., GEOKART; GEOS Publ., 2006, Ch. 2, pp. 221–290. (In Russian).
3. Bondarenko P.M. Modeling of stress fields, prediction of dislocations in shear zones and their systematics. *Shear tectonic disturbances and their role in the formation of mineral deposits*. M., Nauka Publ., 1991, pp. 37–52. (In Russian).
4. Garetskyi R.G., Karataev G.I. Tectonogeodynamic model of Fennoscandian and Sarmatian segments of the East European platform. *Geology and Geophysics*, 2011, vol. 52, no 10, pp. 1557–1566. (In Russian)
5. Gafarov R.A. *Comparative basement tectonics and types of magnetic fields of ancient platforms*, M., Nauka Publ., 1976, 270 p. (In Russian).
6. *Deep structure, evolution and minerals of the early Precambrian basement of the East European platform: Interpretation of materials for profiles 1-EB, 4B and TATSES*. V 2. Ed. A.F. Morozov. M., GEOKART Publ., GEOS Publ., 2010, T. 2, 400 p. (In Russian).
7. Kolodjzhny S.Yu. *Structural-kinematic evolution of the South-Eastern part of the Baltic shield in the Paleoproterozoic*. (Proceedings of GIN RAS, V. 572). M., GEOS Publ., 2006, 332 p. (In Russian).
8. Kolodyazhny S. Yu. Structural and kinematic assemblies in sedimentary rocks of the Phanerozoic cover of the Mid-Russian dislocation zone. *Geotectonics*, 2010, vol. 44, no 2, pp. 139–157. (In Russian) DOI: 10.1134/S0016852110020044
9. Leonov M.G., Kopp M.L., Kolodyazhny S.Yu., Zykov D.S., Rjazancev A.V., Degtyariov K.E., Bazhenov M.L. *Lateral tectonic flows in the Earth's lithosphere* (Proceedings of GIN RAS, V. 604). M., GEOS Publ., 2013, 318 p. (In Russian).
10. *International tectonic map of Europe. Scale 1:5,000,000. Inset: map of the basement of the East European and West European platforms*. Scale 1:10 000 000. Ed. S.V. Bogdanova, R.M. Gorbachev, V.D. Brezhnev. Paris: Commission of the world geological map, 1996. (In Russian).
11. Miller Yu.V., Milkevich R.I. Nappe-folded structure of the White Sea zone and its relationship with the Karelian granite-greenstone province. *Geotectonics*, 1995, no 6, pp. 80–92. (In Russian).
12. Morozov Yu.A. The role of transpression in the formation of the svecofarelides structure of the Baltic shield. *Geotectonics*, 1999, no 4, pp. 37–50. (In Russian).
13. Orovecki Yu.P. To the problem of the genetic basis of the ancient East European platform. *Geophysical Journal*, 2010, no 3, vol. 32, pp. 106–111. (In Russian).
14. Rundkvist D.V., Mints M.V., Larin A.M., Nenahov V.M., Ryck E.Ju., Turchenko S.I., Cherny-shov N.M. *Metallogeny of the early Precambrian geodynamic setting*. M., MPR RF, RAS: GEOKART Publ., 1999, 399 p. (In Russian).
15. Slenzak O.I. *The vortex systems of the lithosphere and Precambrian structures*. Kiev: Naukova Dumka Publ., 1972, 182 p. (In Russian).
16. *Tectonic map of the USSR territory, scale 1:5000000*. IGGP Academy of Sciences USSR, Ministry of geology USSR. Ed. V.A. Dedeev, D.V. Nalivkin. M., 1974. (In Russian).
17. Hain V.E., Bozhko N.A. *Historical geotectonics*. M., Nedra Publ., 1988, 382 p. (In Russian).
18. Bogdanova S.V. *Segments of the East European Craton*. Europrobe in Jablonna. Warszawa, 1993, pp. 33–38.
19. Bogdanova S.V., Gafarov R.G., Chernook S.V. *Tectonic map of the basement of the East European craton*. Scale 1 : 10 000 000. M., Ministers of Geology of the USSR, 1984.
20. Claesson S., Bogdanova S.V., Bibikova E.V., Gorbatschev R. Isotopic evidence for Palaeoproterozoic accretion in the basement of the East European Craton. *Tectonophysics*, 2001, vol 339, no 1–2, pp. 1–18. DOI: 10.1016/S0041951(01)000312
21. Gorbatschev R., Bogdanova S. Frontiers in the Baltic Shield. *Precambrian Research*. 1993, vol. 64, no 1, pp. 3–21. DOI: 10.1016/03-019268(93)90066B
22. Nironen M. The Svecofennian Orogen: A tectonic model. *Precambrian Res.* 1997, vol. 86, pp. 21–44. DOI: 10.1016/S0301-9268(97)000399
23. Wernicke B. Uniform sense normal simple shear of the continental lithosphere. *Canad. J. Earth Sci.* 1985, vol. 22, pp. 789–795. DOI: 10.1139/e85009

УДК: 551.763.12(568.1+568.2+569.1)

ОСОБЕННОСТИ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ И ФОРМИРОВАНИЯ РАННЕМЕЛОВОГО МЕСТОНАХОЖДЕНИЯ НАЗЕМНЫХ ПОЗВОНОЧНЫХ ШЕСТАКОВО (КЕМЕРОВСКАЯ ОБЛАСТЬ, РОССИЯ)

А.В. ПОДЛЕСНОВ, Б.И. МОРКОВИН, Е.Н. МАЩЕНКО

*Палеонтологический институт им. А.А. Борисяка РАН
123, Профсоюзная ул., г. Москва 117647, Россия
e-mail: apodlesnov@paleo.ru*

Представлены новые данные о геологическом строении, условиях формирования и составе фауны в разрезах раннемелового местонахождения наземных позвоночных уд. Шестаково (Кемеровская область, Западная Сибирь). Приведён сводный геологический разрез по линии Шестаково-1—Шестаково-4 — Шестково-3

в котором выделены пять литологических пачек. Выполнено распределение таксонов фауны позвоночных по выделенным литологическим пачкам, слагающим шестаковскую толщу илекской свиты. Новые данные, полученные в ходе полевых работ 2017 г., позволили установить два основных костеносных уровня (пачка 3 и пачка 5), вмещающих целые скелеты рептилий. Литолого-фациальный анализ показал, что формирование местонахождений происходило в условиях аллювиально-озёрной равнины, где русловые, дельтовые и пойменные фации сменялись озёрными и озёрно-болотными фациями, образуя серию седиментационных циклов. Последние свидетельствуют об увеличении аридизации климата снизу вверх по разрезу. Приведённые данные ставят под сомнение ранее высказанную точку зрения о прибрежно-морском или лагунном генезисе шестаковской толщи.

Ключевые слова: биостратиграфия; фациальный анализ; седиментация; нижний мел; илекская свита; Кемеровская область.

THE FEATURES OF THE GEOLOGICAL STRUCTURE AND SEDIMENTATION OF THE EARLY CRETACEOUS SITE OF THE TERRESTRIAL VERTEBRATES OF SHESTAKOVO (KEMEROVO REGION, RUSSIA)

A.V. PODLESNOV, B.I. MORKOVIN, E.N. MASCHENKO

*Borissiak Paleontological Institute of Russian Academy of Sciences
123, Profsoyuznaya street, Moscow 117647, Russia
e-mail: apodlesnov@paleo.ru*

A new data on the geological structure, conditions of formation and faunal composition of the Early Cretaceous site of the terrestrial vertebrates by Shestakovo village (Kemerovo Region, Western Siberia) has been presented. The consolidated geological section has been constructed along the line Shestakovo-1 — Shestakovo-4 — Shestakovo-3 in which five lithologic members have been identified. A distribution of the vertebrates fauna taxons has been carried out along the selected lithologic members composing the Shestakovo series of the Ilek formation. A new data obtained during fieldwork in 2017 has made it possible to distinguish two main bony levels (lithologic members 3 and 5), which contain whole skeletons of reptiles. Lithofacies analysis has shown that the formation of the sites occurred under the conditions of the fluvialacustrine plain, where the channel, delta and floodplain facies were replaced by lake and lake-marshy facies, forming a series of sedimentation cycles. The latter are the evidence of the increase in the aridization of the climate upwards along the section. The given data calls into question previously expressed point of view about the coastal-marine or lagoon genesis of the Shestakovo series.

Key words: biostratigraphy; lithofacies analysis; sedimentation; Lower Cretaceous; Ilek formation; Kemerovo Region.

Местонахождение Шестаково открыто в 1953 г. геологом А.А. Моссаковским. Как показали дальнейшие исследования, оно является уникальным по разнообразию и степени сохранности различных групп наземных позвоночных континентальной биоты раннего мела [1, 3, 6, 9, 11—15, 19, 20, 24—30]. Несмотря на значительные успехи в изучении фауны из разных точек Шестаково, представления о генезисе и стратиграфическом положении его костеносных горизонтов до сих пор остаются предметом дискуссии [2, 4, 10]. Авторами в ходе полевых работ 2017 г., проведено описание и корреляция разрезов точек Шестаково-1 (Большой и Малый Яр) и Шестаково-3, и точки с остатками позвоночных, находящейся между этими разрезами — Шестаково-4. Главным итогом проделанной работы является схематический геологический разрез (рис. 1), который отражает основные черты геологического строения и структурные особенности местонахождения Шестаково, также проведён предварительный фациальный анализ отложений. Распределение фауны позвоночных шестаковского комплекса в исследуемом разрезе представлено в таблице.

Отложения шестаковской толщи, к которым приурочены все рассматриваемые местонахождения, относятся к верхней части разреза илекской свиты, которая широко распространена в структуре мезозойской Чулымо-Енисейской депрессии [22]. Сформированные в бериас-аптском интервале раннемеловой эпохи [18] они представляют собой сложно построенную толщу пестроцветных пород континентального генезиса, состоящую из серии песчано-глинистых ритмопачек. Илекская свита с размывом залегает на тяжинской свите позднеюрского возраста и также, с размывом, перекрывается кийской свитой, датируемой альбом [18], или кайнозойскими отложениями. Начало каждого ритма представлено в разрезе в виде перемежающихся горизонтов составленных русловыми, дельтовыми и пойменными фациями, сформированными в период регрессивной фазы седиментации. Эти фации, выше чаще с размывом кровли подстилающих пород, сменяются преимущественно озёрными (бассейновыми) фациями, соответствующими трансгрессивной фазе осадконакопления. Полная мощность илекской свиты по разрезам буровых скважин составляет от несколь-

Распределение фауны позвоночных в литологических пачках шестаковской толщи

Фауна	Пачка				
	1	2	3	4	5
Рыбы					
Sinamiidae indet		+		?	
Palaeonisciformes		+		?	
Амфибии					
Urodela: Kiyatriton leshchinskiyi		+			
Рептилии					
Pterosauria: Ornithocheiridae indet		+			
Testudines: Macrobaenidae indet		+			
Choristodera indet		+			
Crocodylomorpha: Tagarosuchus kulemzini,					+
Kyasuchus saevi,					+
Crocodylomorpha indet.		+			
Squamata: Xenosauridae,		+			?
Paramacellodus sp.,		+			?
Scincomorpha?		+			?
Tritylodontidae: Xenocretosuchus sibiricus		+			
Ornithopoda indet		+			
Ceratopsia: Psittacosaurus sibiricus,	?	+	+	+	+
Ankylosauria indet		?	+	?	
Stegosauria indet?		+			
Sauropoda: Titanosauridae indet		+		+	
Theropoda: Troodontidae indet,		+			?
Dromaeosauridae indet		+		+	+
Птицы					
Confuciusornithiformes: Evgenavis nobilis					+
Mystriornithiformes indet.		+			
Млекопитающие					
Triconodonta: Acinacodus tagaricus,				+	
Gobiconodon sp		+			
Docodonta: Sibirotherium rossicum		+			
Symmetrodonta: Yermakia domitor,		+			
Kiyatherium cardiogens		+			+

Примечание. «+» — присутствие таксона в пачке; «?» — присутствие таксона в пачке под вопросом из-за недостатка данных.

ких десятков до 300—350 м и нарастает от границы салаирско-каледонских складчатых сооружений юго-восточного обрамления Западно-Сибирской плиты в северо-западном направлении к центру котловины, где на р. Чулым, у с. Тегульдэт установлена её наибольшая мощность — 746 м [8]. Палеомагнитные исследования, проведённые, в бассейнах рек Кия, Чулым и Серта показали, что илекская свита, включая шестаковскую толщу, имеет положительную намагниченность, что, скорее всего, исключает неокомский возраст этих пород [17].

В районе работ в видимой части разреза, согласно предшествующим исследованиям [9], прослеживается до трёх песчано-глинистых ритмов общей мощностью до 36 м. Наши исследования эти данные уточняют, относительно песчаной пачки нижнего ритма, которая недоступна для изучения из-за её низкого положения относительно уреза воды в р. Кия. Таким образом, нами снизу вверх выделяются пять литологических пачек, из которых 2- и 4-я соответствуют регрессивным циклам,

а 1-, 3- и 5-я — трансгрессивным фазам осадконакопления (рис. 1). Без учёта нижнего ритма, по которому нет полных данных, доля участия существенно песчаных серий в разрезе шестаковской толщи составляет от 60 до 80%, а сам разрез имеет общую регрессивную направленность. Наиболее полный разрез шестаковской толщи представлен на обнажениях точки Шестаково-1 (Большой Яр) на правом берегу р. Кия, в 1 км северо-западнее д. Шестаково, где от уреза воды вверх обнажаются:

Пачка 1. Глины буровато-красные, неслоистые, с карбонатными стяжениями и прослоями сероцветных алевролитов (0,5 м). В видимой части разреза наблюдаются три таких прослоя, каждому из них предшествуют внутриформационные размывы, небольшой амплитуды (0,1 м). В 200 м выше по течению реки кровля глинистой толщи уходит под урез воды. Видимая мощность (В.м.) 7 м.

Пачка 2. Пески желтовато-серые и песчаники светло-серые, преимущественно средне- и мелко-

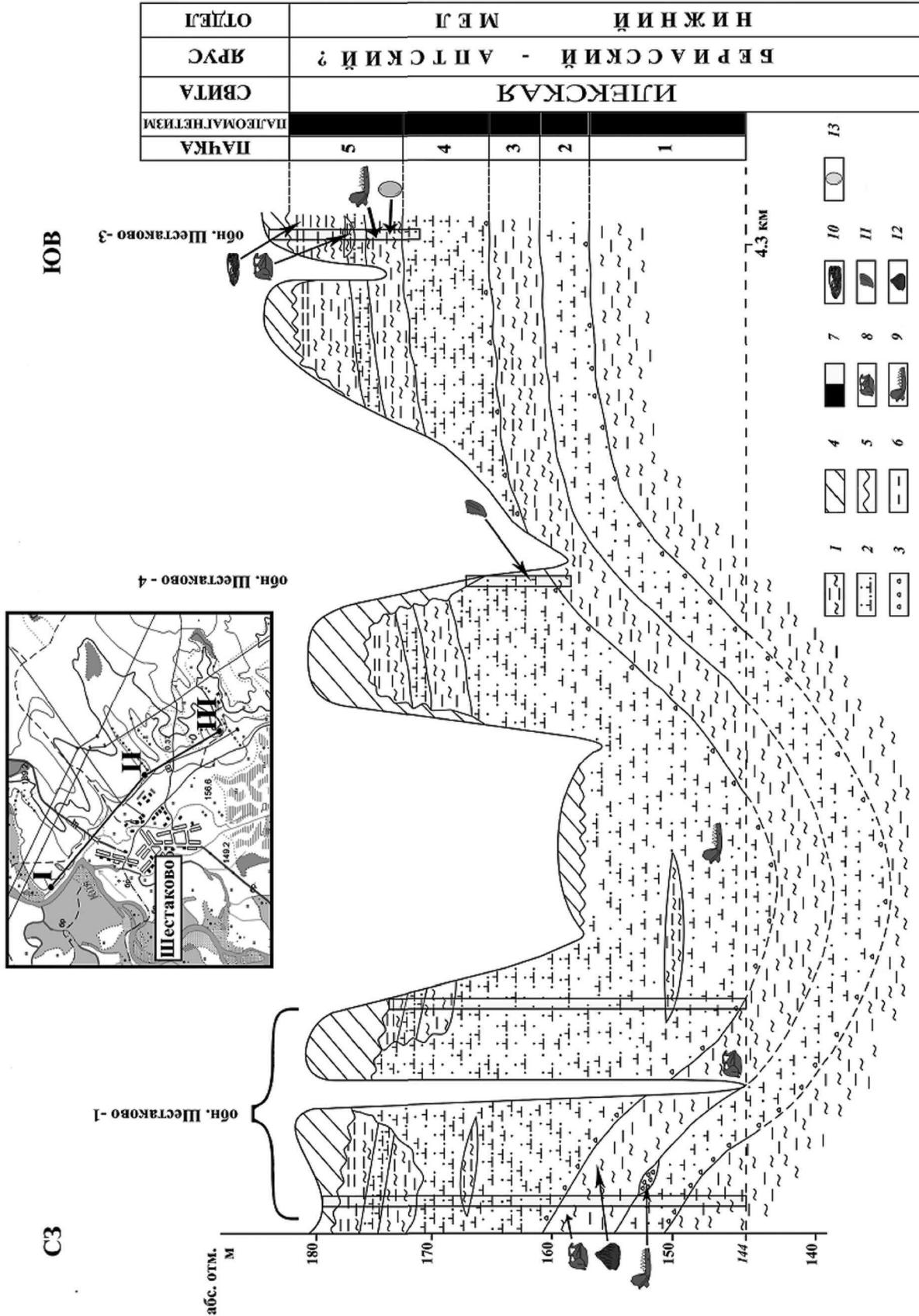


Рис. 1. Схематический геологический разрез по линии Шестаково-1 – Шестаково-3: 1 – глины; 2 – пески, песчаники, алевролиты; 3 – гравелиты и конгломераты; 4 – кайнозойские отложения; 5 – структурно-стратиграфическое несогласие; 6 – урез р. Кля; 7 – намагниченность/полюсная/отрицательная; 8 – целые скелеты и черепа Psittacosaurus sibiricus; 9 – скелетные остатки млекопитающих; 10 – целые скелеты и черепа Stosodontoformia; 11 – зубы Dromaeosauridae indet; 12 – хвостовые позвонки и остеомеры Ankylosauria indet; 13 – яйцо Prismooolithus ilekensis; 1–III – точки: I – Шестаково-1; II – Шестаково-4; III – Шестаково-3

зернистые, имеющие косую, параллельную или неясно выраженную слоистость. В подошве выделяется прослой гравелитов (0,3 м), составленный гравием осветлённых мергелей до 2 см, переходящих в плотные среднезернистые песчаники (0,4 м). Гравелитовые, линзовидные прослои также наблюдаются в кровле песчаной толщи, где наряду с гравием мергелей, катунов глинистого состава встречается галька вулканических пород. В этих образованиях найдены фрагментарные остатки позвоночных (таблица) разной степени окатанности. В. м. 4 м.

П а ч к а 3. Глины буровато-красные, с прослоями плотного голубовато-серого алевролита (до 0,7 м). В кровле слоя отмечаются следы размыва. В. м. 6 м.

П а ч к а 4. Пески зеленовато-серые, преимущественно косослоистые, в основании и на разных уровнях песчаной пачки отмечаются линзовидные прослои гравелитов, составленные перемывом нижележащих алевролитов и галькой магматических пород (от 0,1—0,5 м). В средней части отмечается небольшая линза, состоящая из кирпично-красных глин, переслаивающихся с серыми алевролитами и песчаниками (до 0,7 м). Мощность линзы до 2 м, простирается — несколько десятков метров. Ниже по течению, на этом же уровне отмечаются песчаные конкреции вытянутой формы размером до 3×0,5 м. Общая зернистость песчаных горизонтов уменьшается от крупной у подошвы до мелкой у кровли. В. м. 10 м.

П а ч к а 5. Глины буровато-красные с прослоями голубовато-серых алевролитов. В средней части песчаной пачки отмечен прослой плотных алевролитов (до 2 м), выше которого залегают буровато-красные глины со следами значительной денудации в кровле (до 3 м). В. м. до 6 м.

Верхние слои (пачки 4 и 5) шестаковской толщи также обнажаются в 500 м выше по течению р. Кия на Шестаково-1 (на участке Малый Яр), где базальная часть её верхнего седиментационного ритма (пачка 4) достигает уровня уреза и заполняет палеоруло древнего водотока (рис. 1). Здесь в составе нижней пачки обнажаются конгломераты мощностью от 0,1 до 1 м, которые выше по разрезу сменяются серовато-зелёными песчаниками, содержащими большое количество мелкой гальки [21]. В нижней части разреза наблюдается переслаивание конгломератов и песчаников, при этом вышележащие слои эродированы нижележащими. Выше песчано-конгломератовые слои перекрываются сначала плотными крупнозернистыми песками, которые сменяются рыхлыми мелкозернистыми песками, подстилающими верхнюю пачку. В. м. 9 м. Верхняя пачка (пачка 5) сложена пёстрыми алевролитами с однородной текстурой и невыдержанной слоистостью. В её основании преимущественно зеленоватые алевролиты с редкими прослоями красно-бурых алевролитов (до 1 м), выше по разрезу находятся ко-

рично-красные алевролиты (до 2 м), чередующиеся с зеленоватыми (до 1 м). В. м. 10 м.

Л.П. Татаринев и Е.Н. Машенко, приводящие описание разреза Шестаково-1 (Малый Яр) [21], отождествляли нижнюю песчано-конгломератовую пачку этого разреза с пачкой 2, которая по новым данным на этом участке занимает более высокое стратиграфическое положение (рис. 1). В свою очередь мы связываем залегание этого уровня с нижней частью пачки 4, к которой также относятся и большая часть «верхней алевролитовой пачки» обнажения Малый Яр, до коричнево-красных глин, чередующихся с зеленоватыми, алевролитами (эти образования синхронны нижней части пачки 5). Небольшую глинисто-алевролитовую линзу, встреченную ближе к основанию описанного выше разреза (рис. 2, а), вероятно, следует трактовать как внутриформационное образование пачки 4, сложившееся в результате возникновения небольших озёр на пониженных участках поймы, на переломе обстановок седиментации от русловых к пойменным. Этот рубеж отчетливо прослеживается на описываемом обнажении при переходе от «нижней пачки» к «верхней», в интерпретации представленной ранее [21].

Юго-восточнее от точки Шестаково-1 по линии намеченного профиля, в 900 м от восточной окраины д. Шестаково, в устье оврага находится точка Шестаково-4 (рис. 2, б), где снизу вверх обнажаются:

П а ч к а 3. Глины буровато-красные, известковистые, плотные, неслоистые. Верхняя часть глинистой пачки размыва, амплитуда размыва более 1 м. В. м. 2 м.

П а ч к а 4. Пески серые, с зеленоватым оттенком, мелкозернистые, полимиктовые, с неясно выраженной косой слоистостью. В нижней части отмечаются прослой некрепкого среднезернистого песчаника, цементированного известковистым цементом (0,2 м), а также линзовидные прослои гравелита, преимущественно составленного мелким гравием местных пород (базальная часть пачки 4). В пачке обнаружены зубы *Dromaeosauridae* indet (таблица). В. м. 2,5 м. Выше цоколь оврага перекрыт склоновыми отложениями.

Крайняя точка представленного в данной статье схематического разреза Шестаково-3 (рис. 1, рис. 2, в, г) расположена в 2 км юго-восточнее окраины с. Шестаково, где снизу-вверх по разрезу обнажаются:

П а ч к а 4. Пески зеленовато-серые, мелкозернистые, полимиктовые, косослоистые (0,3 м) с прослоями зеленоватых, слабо цементированных песчаников (до 1 м) и плотных гравелитов (0,4 м), расположенных в кровле пачки 4, где наблюдается размыв. В. м. до 1,7 м.

П а ч к а 5. Глины буровато-красные, переслаивающиеся с прослоями пестроцветных алевролитов (0,4 м), выше кирпично-красные слоистые гли-

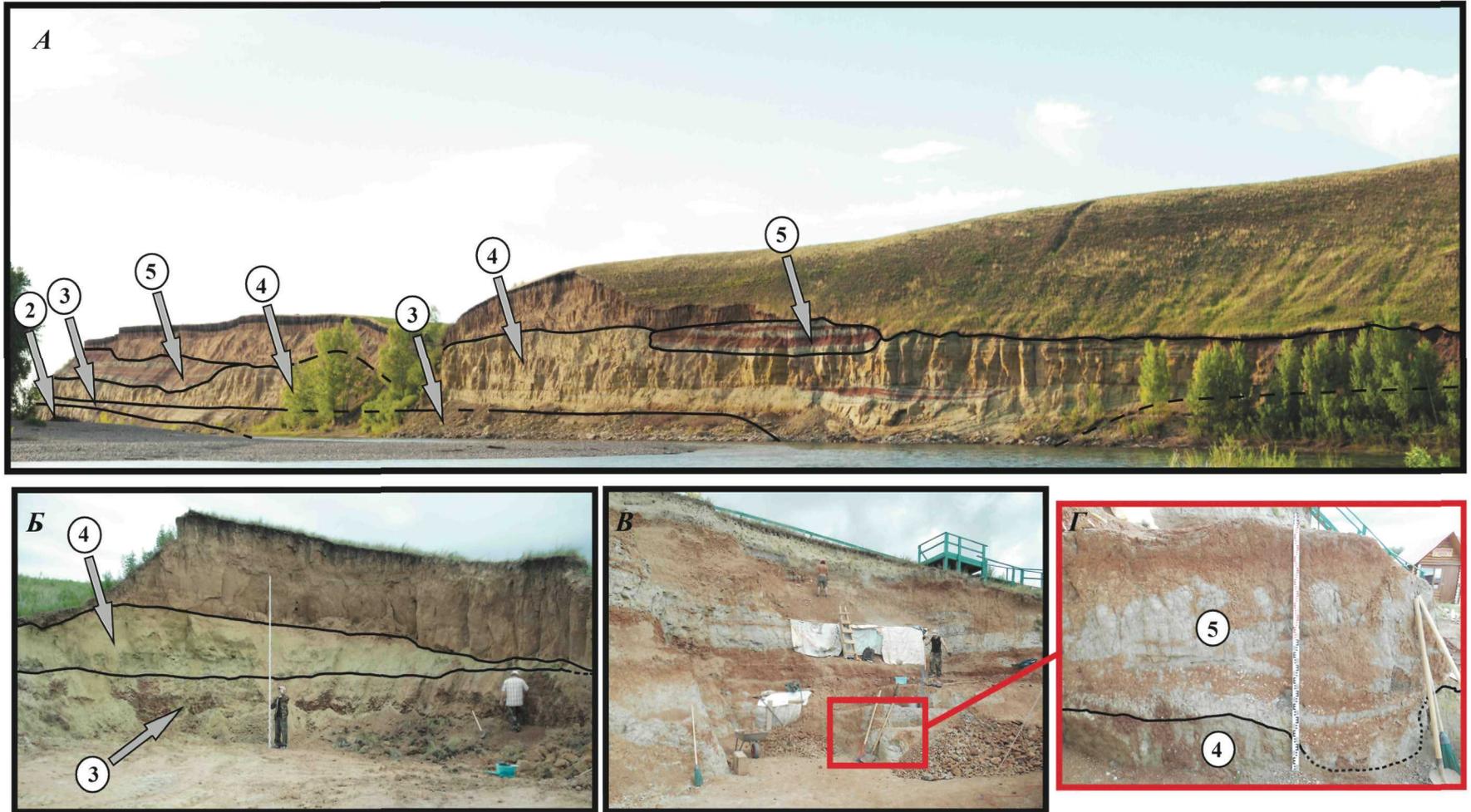


Рис. 2. Основные обнажения шестаковской толщи: *A* – общий вид точки Шестаково-1: нижняя пачка (1) глин из-за ракурса на фотографии не видна, *Б* – общий вид точки Шестаково-4, *Б'* – общий вид точки Шестаково-3, *Г* – участок разреза Шестаково-3; 2 – пачка желтовато-серых песков и песчаников; 3 – пачка буровато-красных глин; 4 – пачка зеленовато-серых песков и песчаников; 5 – пачка буровато-красных глин

ны (основание пачки 5). В основании глинистой пачки было найдено яйцо *Prismatoolithus ilekensis* [30] (таблица).

Выше глинистую пачку 5 перекрывает слой плотного светло-серого мелкозернистого песчаника с параллельной слоистостью мощностью до 1,5 м. Этот характерный слой (маркирующий горизонт) разделяет глинистую пачку 5 на верхнюю и нижнюю составляющие, простираясь в толще глинистых отложений по исследованному разрезу. В верхней части глинистой пачки со следами размыва залегают кирпично-красные глины (1,8 м), с прослоями пестроцветных алевролитов (до 0,4 м), выше — кирпично-красные слоистые глины (0,5 м). Завершает разрез слой, состоящий из перемытых нижележащих красноцветных глин, мощностью более 1 м. В. м. до 10 м.

Из приведённых данных следует, что строение шестаковской толщи во многом определялось унаследованными формами рельефа. В пониженном участке разреза, в районе обнажения Малый Яр (Шестаково-1) располагалось основное русло палеодолины, имеющее северо-западное простирание. На это указывает наиболее низкое положение и значительные мощности в этой части структуры песчаных пачек 2 и 4. В этом же направлении осуществлялся и основной снос терригенного материала с его наибольшей аккумуляцией. Линзовидный характер залегания песчаников и гравелитов пачки 2 и в нижней части пачки 4, выклинивание их к бортам палеодолины свидетельствуют о речном происхождении данных отложений.

В составе пачки 4 присутствуют серии косослоистых песчаников и гравелитов. Их первичные углы наклона составляют более 20°. Выше косослоистые серии перекрываются с резким угловым несогласием песчаниками и алевролитами более горизонтального наслонения [21]. Такой тип взаимоотношений слоистости типичен для дельтовых отложений. Эти данные позволяют предполагать расширение границ седиментационного бассейна в юго-восточном направлении (по разрезу), происходившее в период формирования пачки 4 и, как следствие этого, изменение условий осадконакопления от русловых к субаквально-дельтовым. На террасах и повышенных междуречных участках образовывались пойменные озера, что характерно для активно меандрирующих рек, которым в разрезе соответствуют небольшие по мощности и простиранию внутриформационные линзы, встреченные в разрезе точки Шестаково-1 (рис. 2, а), составленные преимущественно глинистым материалом. В промежуточных зонах между речными и озёрными (старичными) фациями формировались переходные или смешанные фации, представленные пойменным пролювием, а также русловыми образованиями дельтовых рукавов и временных потоков. Число и размеры песчаных и песча-

но-гравелитовых линз, расположенных в пределах палеодолины, существенно различаются. Это объясняется как миграцией основного русла, так и различием силы потоков на разных этапах формирования пачек 2 и 4. Так, основная песчаная линза, заполняющая своими отложениями всю палеодолину (пачка 4), имеет горизонтальное простирание свыше 3 км и максимальную мощность более 20 м. При этом она составлена сериями линзообразных циклитов более мелких рангов, отвечающих промежуточным этапам её формирования. Например, костеносными песчано-гравелитовыми линзами её базальной части (основание прогиба у уреза воды, точка Малый Яр), имеющими простирание несколько десятков метров и мощности от 0,1 до 1 м.

Пески, песчаники и гравелиты, как по разрезу, так и по простиранию в целом, не характеризуются переменной зернистостью: от крупнозернистой до алевроитовых разностей в пределах одной пачки или даже линзы. Для песчаников палеодолины в русловой части типично увеличение количества более крупных фракций. Очевидно, течение протекавшей здесь реки было более сильным, на что указывает более глубокий эрозионный врез её русла.

В составе песчано-алевроитовой фракции отложений присутствуют обломки кристаллических сланцев, кварца, полевых шпатов, имеющих разную степень окатанности, и устойчивые минеральные ассоциации, минералы группы эпидота (27—73%), ильменит (15—42%), сфен (2—21%), циркон (3—25%) [17]. Отмечены неизменённые полевые шпаты [8], что наряду со значительным количеством в составе пород мало окатанных зёрен предполагает близость источника сноса. Такими источниками могли являться продукты разрушения выходящих на дневную поверхность, расположенных неподалеку плутогенных массивов сарриид и каледонид юго-восточного складчатого обрамления Западно-Сибирской плиты, а также перемываемые синхронные отложения более высоких гипсометрических положений залегания.

Основное направление гидрографической сети рек раннемелового времени контролировалось тектоническим строением Чулымо-Енисейской котловины [7]. В её формировании основную роль играли унаследованные линейные отрицательные структуры северо-западного простирания. Гидрологический режим зависел главным образом от климатического фактора, который в условиях субаридного климата [23] преимущественно имел сезонный характер. Этим объясняется значительное число наблюдаемых небольших внутриформационных размывов, когда вышележащие слои в той или иной степени размывают нижележащие. Такие взаимоотношения слоёв наблюдаются по всему разрезу и простиранию профиля, за исключением контактов между песчаной пачкой 4 и глинистой

пачкой 5 и вышележащими кайнозойскими отложениями. Здесь при размыве значительной амплитуды кровли (более 10 м) основной причиной выступал тектонический фактор. Вследствие такого воздействия пачка 4 подверглась длительной экспозиции в аэральных условиях. Связь с питающими областями в результате изменения положения и базиса эрозии транспортирующих терригенный материал потоков была ослаблена. Сформированный в этот период палеорельеф в разрезе точки Шестаково-1 представляет собой чередование пологих, иногда с уступчатыми краями впадин и плоских платообразных возвышенностей. При последующем оживлении тектонической активности, повлекшей за собой прогибание территории в зоне седиментации, во впадинах сформировался обширный (не менее 4,5 км в поперечнике) озёрный бассейн, конфигурация которого, вероятно, была осложнена присутствием островов, в которые преобразовались некоторые платообразные возвышенности. Предположительно структура подобного генезиса прослеживается в районе крупного оврага, разделяющего Большой и Малый Яр (рис. 1).

Завершающие крупные седиментационные ритмы шестаковской толщи — существенно глинистые пачки 1, 3 и 5 — трансгрессивно залегают на размытой в разной степени поверхности нижележащих песчаных образований. Начало формирования этих отложений, как правило, отображается в разрезах присутствием в основании небольших по мощности (менее 1 м) песчано-гравелитовых отложений дельтовых и пойменных фаций. Так, установленные в разрезе точки Шестаково-1 (основание пачки 3) желтовато-серые, хорошо отсортированные, слоистые, мелкозернистые пески и песчаники, вероятно, характеризуют пляжную, мелководную зону озёрного бассейна. Костеносные, песчано-гравелитовые линзовидные прослои, врезающиеся в кровлю подстилающей песчаной пачки 2, формировались в прибрежной дельтово-озёрной зоне.

Ослабление силы питающих потоков, приводило к образованию переслаивающихся красноцветных глин и тёмно-серых алевролитов, составляющих основной литологический массив озёрных отложений. В пачке 1 на разных уровнях авторами выделены три прослоя алевролито-песчаников, отложению каждого из которых предшествовал внутриформационный перемыв кровли подстилающих красноцветных глин. Это свидетельствует о периодическом обмелении озёрного бассейна до полного пересыхания некоторых площадей его акватории. В сходной обстановке осадконакопления в верхней части пачки 3, на контакте между слоями сильно карбонатных с известковистыми стяжениями кирпично-красных глин и тёмно-серых мелкозернистых алевролито-песчаников, в точке Шестаково-1, в 2017 г. были обнаружены скелет *Psitta-*

cosaurus sp. в анатомическом сочленении (череп и некоторые другие части скелета разрушены в результате воздействия современных склоновых процессов) и разрозненный фрагмент скелета (хвостовые позвонки и остеодермы) *Ankylosauria indet* (таблица). Эти находки располагались на расстоянии 200 м одна от другой, приблизительно на одном гипсометрическом уровне. Они позволяют предположить, что и ранее сделанные находки скелетов *Psittacosaurus* (таблица) в этом местонахождении [5, 19] соответствуют этапу формирования костеносного уровня в разрезе пачки 3.

Отложения глинистой пачки 5, завершающей формирование шестаковской толщи, обнажены на северо-западном фланге точки Шестаково-1, а также вскрыты на полную мощность многолетними раскопными работами в юго-восточной части точки Шестаково-3. Отложения трансгрессивно залегают на сильно денудированной поверхности песчаной пачки 4. Их формирование происходило в условиях крупного озёрного водоёма, в строении профиля которого присутствовала вертикальная зональность. Так, доля песчаных фаций прибрежных зон, отмечаемых в основании разреза, закономерно сокращается с флангов к наиболее прогнутой его части, замещаясь фациями относительно глубоководных участков, составленных более тонким материалом. Вероятно, в период их формирования вся территория постепенно прогибалась, и акватория водоёма разрасталась от своего первоначального размера. При этом песчаные прибрежные фации перекрывались глинисто-алевролитовыми и глинистыми образованиями с горизонтальными текстурами более глубоководных обстановок формирования.

Стратиграфически выше глинистые отложения перекрываются песчано-алевролитовым слоем, который простирается по всему обсуждаемому разрезу. Мощность этого слоя составляет от 1,5 до 2 м, что более чем в три раза превышает мощность всех встреченных нами в нижележащих глинистых пачках песчано-алевролитовых образований подобного типа. В Шестаково-3 отмечена параллельная слоистость, общая мелкозернистость материала, тонкие прослои (0,1 м) красноцветных глин и волноприбойные знаки. К контакту его эродированной кровли и вышележащих песчаных кирпично-красных глин приурочены находки полных скелетов *Psittacosaurus* [16].

Представленные данные позволяют предполагать, что отложения мощного песчано-алевролитового слоя формировались в течение значительного внутриформационного регрессивного эпизода осадконакопления, происходившего на фоне общей трансгрессивной направленности образования разреза нижней части пачки 5. Усиление динамики водных потоков в это время, вероятно, привело к формированию в прибрежной зоне озера

единого обширного конуса выноса (не менее 4,5 км по фронту), передовая часть которого располагалась в субаквальной зоне. Сезонные изменения климата приводили к частому перемещению положения береговой линии. Поэтому в периоды обмеления осадки оказывались в зоне действия прибрежных волн, формирующих знаки ряби или выступали на аэральную поверхность в виде вытянутых субпараллельно береговой линии намытых кос, составленных тонкозернистым перемытым материалом. При замедлении силы потоков эти вновь образованные структуры препятствовали перемещению смываемого с побережий пелитового материала в глубоководные зоны, что приводило к заболачиванию прибрежной озёрной зоны. Это способствовало возникновению, в условиях относительного мелководья, кирпично-красных плитчатых глин, степень песчаности которых снижалась снизу-вверх по разрезу, подчеркивая застойный характер сложившегося здесь водоёма к окончанию шестаковского времени. На некоторое усиление аридизации климата в период образования пачки 5 также указывает обнаружение гипсовых примазок среди глин её нижних горизонтов [16]. Очевидно, такие условия оказались благоприятными для представителей *Crocodylomorpha* в большом количестве встречаемых на этом стратиграфическом уровне (таблица). В постшестаковское время кровля обсуждаемых отложений подверглась значительной денудации.

Формирование местонахождений, приуроченных к шестаковской толще, вероятно, происходило в условиях аловияльно-озёрной равнины, в пределах которой из-за нарастающей аридизации климата широкое распространение получили полупустынные ландшафты. Об этом свидетельствуют как редкость находок палеофлоры и красноцветность пород, так и фиксируемое в разрезах частое пересыхание транспортирующих терригенный материал потоков и самих аккумулирующих водоёмов. На рассматриваемом временном интервале палеозёра, скорее всего, имели замкнутый бессточный характер. Так, при анализе разреза пачки 4, можно заметить, что водоём, заполняющий палеодолину, к концу её формирования полностью засыпается песчано-алевролитовым материалом и прекращает своё существование. Признаки постепенной деградации водоёма отмечаются и в разрезе верхней части пачки 5, где дельтовые и озёрные фации сменяются красноцветными озёрно-болотными фациями мелководных застойных водоёмов. Подобная аргументация не позволяет согласиться с ранее высказанным мнением [9] о прибрежно-морском или лагунном генезисе шестаковской толщи.

Авторы благодарят сотрудников Кемеровского областного краеведческого музея за помощь в раскопках в полевом сезоне 2017 г.

Исследование выполнено при финансовой поддержке программы ПФНИ ПРАН «Эволюция» и гранта РФФИ № 16-05-00408.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аверьянов А.О., Файнгерц А.В. Ящерицы раннего мела Западной Сибири // Вопросы герпетологии. Материалы первого съезда Герпетологического общества им. А.М. Никольского, Пушкин. М., 2001. С. 6–8.
2. Аверьянов А.О., Лещинский С.В., Файнгерц А.В. Предварительные данные о черепахах Шестаковского комплекса раннемеловых позвоночных // Вестник Томского государственного университета. Томск, 2003. С. 22–25.
3. Алифанов В.Р., Ефимов М.Б., Новиков И.В., Моралес М. Новый пситтакозавровый комплекс тетрапод из нижнемелового местонахождения Шестаково (Южная Сибирь) // Докл. РАН. 1999. Т. 369. № 4. С. 491–493.
4. Алифанов В.Р. Подотряд *Ornithischia*. Ископаемые рептилии и птицы. Часть 2 / Ред. Е.Н. Курочкин и А.В. Лопатин. М.: ГЕОС, 2012а. С. 241–309.
5. Воронкевич А.В. Тафономические особенности захоронения остатков позвоночных в отложениях илекской свиты // Материалы региональной геологической конференции Сибири, Дальнего Востока, и Северо-Восточной России / Ред. А.В. Комаров. Томск: Гала пресс, 2000. С. 359–361.
6. Ефимов М.Б., Лещинский С.В. Первая находка ископаемого крокодила в Сибири // Материалы региональной геологической конференции Сибири, Дальнего Востока, и северо-восточной России / Ред. А. В. Комаров. Томск: Гала пресс, 2000. С. 361–363.
7. Казаринов В.П., Фомичев В.Д. Западная Сибирь. Геология СССР. М.: Недра, 1967. Т. 14. С. 349–351.
8. Лебедев И.В. Меловые отложения Чулымо-Енисейской впадины // Известия Томского Политехнического ин-та. 1958. Т. 90. С. 3–11.
9. Лещинский С.В., Воронкевич А.В., Файнгерц А.В., Шиховцева Л.Г. Некоторые аспекты тафономии и стратиграфического положения местонахождений шестаковского комплекса раннемеловых позвоночных // Вопросы геологии и палеонтологии Сибири. Тр. Научно практич. Конф. / Ред. В.М. Подобина. Томск, 1997. С. 83–90.
10. Лещинский С.В., Файнгерц А.В., Воронкевич А.В., Машенко Е.Н., Аверьянов А.О. Предварительные результаты изучения местонахождений шестаковского комплекса раннемеловых позвоночных // Материалы региональной геологической конференции Сибири, Дальнего Востока, и северо-восточной России / Ред. А.В. Комаров. Томск: Гала пресс, 2000. С. 363–366.
11. Лопатин А.В., Машенко Е.Н., Аверьянов А.О., Резвый А.С., Скучас П.П., Лещинский С.В. Раннемеловые млекопитающие Западной Сибири 1. *Tinodontidae* // Палеонтол. журн. 2005. № 5. С. 62–72.
12. Лопатин А.В., Аверьянов А.О., Машенко Е.Н., Лещинский С.В. Раннемеловые млекопитающие Западной Сибири 2. *Tegotheriidae* // Палеонтол. журн. 2009. № 4. С. 92–100. DOI: 10.1134/S0031030109040157.
13. Лопатин А.В., Аверьянов А.О., Машенко Е.Н., Лещинский С.В. Раннемеловые млекопитающие Западной Сибири. 3. *Zhangtheotheriidae* // Палеонтол. журн. 2010. № 5. С. 90–98. DOI: 10.1134/S0031030110050138.
14. Лопатин А.В., Машенко Е.Н., Тарасенко К.К., Подлеснов А.В., Демиденко Н.В., Кузьмина Е.А. Уникальное захоронение раннемеловых позвоночных в Западной Сибири (местонахождение Шестаково-3, Кемеровская область) // Докл. РАН. 2015. Т. 462. № 5. С. 1–4. DOI: 10.1134/S0012496615030102.
15. Машенко Е.Н., Лопатин А.В., Воронкевич А.В. Новое раннемеловое млекопитающее из Западной Сибири // Докл. РАН. 2002. Т. 386. № 5. С. 1–3.
16. Машенко Е.Н., Тарасенко К.К., Подлеснов А.В. Почему погибли сибирские динозавры // Наука и жизнь. 2015. № 12. С. 48–51.
17. Поспелова Г.А., Ларионова Г.Я. Палеомагнитные исследования осадочных пород илекской свиты Чулымо-Ени-

- сейской впадины // Земная кора складчатых областей. Вып. 2. Ч. II / Ред. Э.Э. Фотиади. Novosibirsk: Ротапринт Ин-та геол. и геофиз. СО АН СССР, 1971. С. 96–116.
18. Решение 5-го Межведомственного регионального стратиграфического совещания по мезозойским отложениям Западно-Сибирской равнины. Тюмень: ЗапСибНИГНИ, 1991. 53 с.
 19. Рождественский А.К. Местонахождение нижнемеловых динозавров в Кузбассе // Палеонтол. журн. 1960. № 2. С. 165.
 20. Скучас П.П., Витенко Д.Д. О находке хористодер (Diapsida, Choristodera) в нижнем мелу Западной Сибири // Палеонтол. журн. 2015. № 5. С. 55–59. DOI: 10.7868/S0031031X1505013X.
 21. Татаринов Л.П., Масченко Е.Н. Находка aberrантного трилодонта (Reptilia, Synodontia) в нижнем мелу Кемеровской области // Палеонтол. журн. 1999. № 4. С. 85–92.
 22. Файнер Ю.Б., Пономарёв В.А., Курмей А.Е. Геологическая карта 1:20000, N-45-V Л.: ВСЕГЕИ 1975.
 23. Ясманов Н.А. Древние климаты Земли. Л.: Гидрометеиздат, 1985. 305 с.
 24. Averianov A.O., Voronkevich A.V. A new crown-group salamander from the Early Cretaceous of Western Siberia. *Russian Journal of Herpetology*, 2002, V. 9, no 3. P. 209–214.
 25. Averianov A.O., Voronkevich A.V., Leshchinskiy S.V., Faingertz, A.V. A Ceratopsian dinosaur *Psittacosaurus sibiricus* from the Early Cretaceous of West Siberia, Russia and its phylogenetic relationships // *J. Syst. Palaeontol.* 2006. V. 4, P. 359–395. DOI:10.1017/S1477201906001933.
 26. Kurochkin E.N., Zelenkov N.V., Averianov A.O., Leshchinskiy S.V. A new taxon of birds (Aves) from the Early Cretaceous of Western Siberia, Russia // *J. Syst. Palaeontol.* 2010. V. 9, P. 109–117. DOI: 10.1080/14772019.2010.522202.
 27. Lopatin A.V., Maschenko E.N., Podlesnov A.V., Tarasenko K.K. The Early Cretaceous terrestrial vertebrates from the Shestakovo locality (Kemerovo Oblast Russia) // The Fourth International Symposium of IGCP Project 608, Novosibirsk, 2016, pp. 1–4.
 28. Maschenko E.N., Lopatin A.V. First record of an Early Cretaceous triconodont mammal in Siberia // *Bulletin de l'Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique Sciences de la Terre*. 1998. V. 68. P. 233–236.
 29. O'Connor J.K., Averianov A.O., Zelenkov N.V. A confuciosornithiform (Aves, Pygostylia)-like tarsometatarsus from the Early Cretaceous of Siberia and a discussion of the evolution of avian hind limb musculature // *J. Vert. Palaeontol.* 2014. V. 34, no 3. P. 647–656. DOI: 10.1080/02724634.2013.828734.
 30. Skutschas P.P., Markova V.D., Boitsova E.A., Leshchinskiy S.V., Ivantsova S.V., Maschenko E.N., Averianov A.O. The first dinosaur egg from the Lower Cretaceous of Western Siberia, Russia // *Histor. Biol.* 2017. P. 1–9. DOI: 10.1080/08912963.2017.1396322.

REFERENCES

1. Averianov A.O., Fayngertz A.V. Lizards of the Early Cretaceous of Western Siberia. *Questions of Herpetology. Materials of the first Congress of the A.M. Nikol'skii Herpetological Society*. Pushchino-Moskva, MSU (Publ.), 2001, pp. 6–8. (In Russian).
2. Averianov A.O., Leshchinskiy, S.V., Fayngertz A.V. Preliminary data on turtles of the Shestakovo complex of Early Cretaceous vertebrates. *Materials of the Scientific Conference «Problems of Geology and Geography of Siberia»*. Tomsk, 2003, pp. 22–25. (In Russian).
3. Alifanov V.R., Efimov M.B., Novikov I.V., Morales M. A new psittacosaurian complex of tetrapods from the Lower Cretaceous Shestakovo locality (Southern Siberia). *Doklady Earth Sciences*, 1999, vol. 369, no 4, pp. 491–493. (In Russian).
4. Alifanov V.R. *Suborder Ornithischia. Fossil Vertebrates of Russia and Adjacent Countries. Fossil Reptiles and Birds*. Part 2. M., GEOS (Publ.), 2012, pp. 241–309. (In Russian).
5. Voronkevich A.V. Taphonomic features of burial of vertebrate remains in sediments of the Ilek formation. *Materials of the Regional Conference of Geologists of Siberia, Far East and North East of Russia*. Tomsk, Gala Press Publ., 2000, pp 359–361. (In Russian).
6. Efimov M.B., Leshchinskiy, S.V. First finding of the fossil crocodile skull in Siberia. *Materials of the Regional Conference of Geologists of Siberia, Far East and North East of Russia*. Tomsk, Gala Press Publ., 2000, pp. 361–363. (In Russian).
7. Kazarinov V.P., Fomichev V.D. *Western Siberia. Geology of the USSR*. M., Nedra Publ., 1967, vol. 14, pp. 349–351. (In Russian).
8. Lebedev I.V. Cretaceous deposits of the Chulym–Yenisei Depression. *Bulletin of the Tomsk Polytechnic Institute*, 1958, vol. 90, pp. 3–11. (In Russian).
9. Leshchinskiy S.V., Voronkevich A.V., Faingertz A.V., Shihovceva L.G. Some aspects of taphonomy and stratigraphic position of the localities of the Shestakovo complex of Early Cretaceous. *Questions of Geology and Paleontology of Siberia*. Tomsk, 1997, pp. 83–90. (In Russian).
10. Leshchinskiy S.V., Faingertz A.V., Voronkevich A.V., Maschenko E.N., Averianov A.O. Study of the Early Cretaceous Vertebrate Assemblage from the Shestakovo Locality. *Materials of the Regional Conference of Geologists of Siberia, Far East and North East of Russia*. Tomsk, Gala Press Publ., 2000, pp. 363–366. (In Russian).
11. Lopatin A.V., Maschenko E.N., Averianov A.O., Rezyvi A.S., Skutschas P.P., Leshchinskiy S.V. Early Cretaceous mammals from Western Siberia 1. Tinodontidae. *Paleontological Journal*, 2005, no 5, pp. 62–72. (In Russian).
12. Lopatin A.V., Averianov A.O., Maschenko E.N., Leshchinskiy S.V. Early Cretaceous mammals from Western Siberia 2. Tegotheriidae. *Paleontological Journal*, 2009, no 4. pp. 92–100. (In Russian). DOI: 10.1134/S0031030109040157.
13. Lopatin A.V., Averianov A.O., Maschenko E.N., Leshchinskiy S.V. Early Cretaceous mammals from Western Siberia 3. Zhangtheotheriidae. *Paleontological Journal*, 2010, no 5, pp. 90–98. (In Russian). DOI: 10.1134/S0031030110050138.
14. Lopatin A.V., Maschenko E.N., Tarasenko K.K., Podlesnov A.V., Demidenko N.V., Kuzmina E.A. A unique burial site of Early Cretaceous vertebrates in Western Siberia (the Shestakovo 3 locality, Kemerovo Province, Russia). *Reports of Academy of Earth Sciences*, 2015, vol. 462, no 5, pp. 1–4. (In Russian). DOI: 10.1134/S0012496615030102.
15. Maschenko E.N., Lopatin A.V., Voronkevich A.V. A New Early Cretaceous Mammal from Western Siberia. *Reports of Academy of Earth Sciences*, 2002, vol. 386, no 5, pp. 1–3. (In Russian).
16. Maschenko E.N., Tarasenko K.K., Podlesnov A.V. Why did the Siberian dinosaurs die? *Science and life*, 2015, no 12, pp. 48–51. (In Russian).
17. Pospelova G.A., Larionova G.Ja. Paleomagnetic study of sedimentary rocks of the Ilek Formation of the Chulym–Yenisei depression. *The Earth's Crust of Folded Domains in Siberia*. Issue 2. Novosibirsk, Rotaprint, 1971, pp. 96–116. (In Russian).
18. *Decision of the 5th Interdepartmental regional stratigraphic conference on Mesozoic sediments of West-Siberian Plain, Tjumen'*, ZapSibNIGNI (Publ.), 1991, 53 p. (In Russian).
19. Rozhdstvenskij A.K. Locality of Lower Cretaceous dinosaurs in Kuzbass. *Paleontological Journal*, 1960, no 2, pp. 165. (In Russian).
20. Skutschas P.P., Vitenko D.D. On a Record of Choristoderes (Diapsida, Choristodera) from the Lower Cretaceous of Western Siberia. *Paleontological Journal*, 2015, no 5, pp. 55–59. (In Russian). DOI: 10.7868/S0031031X1505013X.
21. Tatarinov L.P., Maschenko E.N. A Find of an Aberrant Tritylodont (Reptilia, Cynodontia) in the Lower Cretaceous of the Kemerovo Region. *Paleontological Journal*, 1999, no 4, pp. 85–92. (In Russian).
22. Fajner Ju.B., Ponomarjov V.A., Kurmej A.E. *Geological map 1:20000, N-45-V, L., VSEGEI (Publ.)*, 1975. (In Russian)
23. Jasmanov N.A. *Ancient climates of Earth*. L., Gidrometeoizdat (Publ.), 1985, 305 p. (In Russian).
24. Averianov A.O., Voronkevich A.V. A new crown-group salamander from the Early Cretaceous of Western Siberia. *Russian Journal of Herpetology*, 2002, vol. 9, no 3, pp. 209–214.
25. Averianov A.O., Voronkevich A.V., Leshchinskiy S.V., Faingertz A.V. A Ceratopsian dinosaur *Psittacosaurus sibiricus* from the Early Cretaceous of West Siberia, Russia and its phylogenetic relationships. *J. Syst. Palaeontol.* 2006, vol. 4, pp. 359–395. DOI: 10.1017/S1477201906001933.
26. Kurochkin E.N., Zelenkov N.V., Averianov A.O., Leshchinskiy S.V. A new taxon of birds (Aves) from the Early

- Cretaceous of Western Siberia, Russia. *J. Syst. Palaeontol.*, 2010, vol. 9, pp. 109–117. DOI: 10.1080/14772019.2010.522202.
27. Lopatin A.V., Maschenko E.N., Podlesnov A.V., Tarasenko K.K. The Early Cretaceous terrestrial vertebrates from the Shestakovo locality (Kemerovo Oblast Russia). *The Fourth International Symposium of IGCP Project 608*, Novosibirsk, 2016, pp. 1–4.
28. Maschenko E.N., Lopatin A.V. First record of an Early Cretaceous triconodont mammal in Siberia. *Bulletin de l'Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique Sciences de la Terre*, 1998, vol. 68, pp. 233–236.
29. O'Connor J.K., Averianov A.O., Zelenkov N.V. A confuciusornithiform (Aves, Pygostylia)-like tarsometatarsus from the Early Cretaceous of Siberia and a discussion of the evolution of avian hind limb musculature. *J. Vert. Palaeontol.*, 2014, vol. 34, no 3, pp. 647–656. DOI: 10.1080/02724634.2013.828734.
30. Skutschas P.P., Markova V.D., Boitsova E.A., Leshchinskiy S.V., Ivantsov S.V., Maschenko E.N., Averianov A.O. The first dinosaur egg from the Lower Cretaceous of Western Siberia, Russia. *Histor. Biol.*, 2017, pp. 1–9. DOI: 10.1080/08912963.2017.1396322.
-

ПОЛЕЗНЫЕ ИСКОПАЕМЫЕ,
МЕТОДИКА ИХ ПОИСКОВ И РАЗВЕДКИ

УДК 551.311.231:553.08

КОРЫ ВЫВЕТРИВАНИЯ КАК ОСНОВНЫЕ ПОСТАВЩИКИ
МЕСТНОГО МАТЕРИАЛА В МЕЗОЗОЙСКИЕ АЛМАЗОНОСНЫЕ РОССЫПИ

Н.Н. ЗИНЧУК

*Западно-Якутский научный центр (ЗЯНЦ) АН РС (Я)
4/1, Ленина ул., г. Мирный 678170, Россия
e-mail: nnzinchuk@rambler.ru*

На примере мезозойских отложений одного из главных алмазоносных районов Сибирской платформы охарактеризованы основные поставщики терригенного материала в формировавшиеся древние алмазоносные россыпи и их проявления. Особое внимание уделено характеристике местных источников сноса аллочуждого материала в бассейны седиментации указанного периода, главными среди которых были средне—позднетриасовые коры выветривания на терригенно-карбонатных породах, образованиях трапповой формации (долериты, туфы и туфогенные толщи) и кимберлитах. Сравнительно недалекий перенос продуктов выветривания и накопление в основном в пресноводных континентальных водоёмах определили слабое гидрохимическое воздействие среды на аллочужденные минералы. Полученные особенности минерального состава кор выветривания различных пород рекомендовано использовать при палеогеографических реконструкциях в алмазоносных регионах, в частности, для определения источников сноса терригенного материала. Указанные рекомендации реализованы при оценке материала местных источников сноса (в том числе и алмазоносного материала) в континентальные (иреляхская и укугутская свиты) и прибрежно-морские (плинсбахский и тоарский ярусы) отложения Малоботубинского района, где успешно разрабатываются коренные и россыпные месторождения алмазов.

Ключевые слова: коры выветривания; алмазоносные районы; Сибирская платформа; коренные и россыпные месторождения алмазов.

CRUSTS OF WEATHERING AS BASIC SUPPLIERS OF TERRIGENOUS MATERIAL
DURING FORMATION OF ANCIENT DIAMONDIFEROUS PLACERS

N.N. ZINCHUK

*West-Yakutian Scientific Centre of RS (Y) AS
4/1, Lenina str., Mirny 678170, Russia
nnzinchuk@rambler.ru*

On the example of Mesozoic deposits of one of the main diamondiferous regions of the Siberian platform, basic suppliers of terrigenous material into the ancient diamondiferous placers under formation and their occurrences have been characterized. Special attention has been paid to characteristics of local sources of allochthonous material removal to sedimentation basins of the said period, the main of which were Middle-Late Triassic crusts of weathering on terrigenous-carbonate rocks, formations of trapean origin (dolerites, tuffs, tufogene thick layers) and kimberlites. Comparatively short transfer of weathering products and their accumulation mainly in freshwater continental basins determined weak hydrothermal effect of environment on allochthonous minerals. The received specific features of the mineral composition of various rocks' crusts of weathering have been recommended for application during paleogeographical reconstructions in diamondiferous regions, to determine source areas of terrigenous material, in particular. The stated recommendations have been implemented when assessing material from local sources of drift (including diamondiferous material as well) to continental (Irel'yakh and Ukugut suites) and coastal (Pliensbachian and Toarcian stages) deposits of Malobotuobinsky region, where primary and placer diamond deposits are successfully mined.

Keywords: diamondiferous regions; Siberian platform; primary and placer deposits of diamonds.

Минералогия алмаза в терригенных осадочных толщах находится в зависимости от их условий формирования и наличия в областях размыва определённых минеральных ассоциаций или коренных месторождений тех или иных видов полезных ископаемых [1—11]. Важное значение при этом имеет величина эрозионного среза пород и развитие интенсивных процессов корообразования, предшествовавших накоплению продуктивных отложений, а также их сохранность в последующие этапы геологической истории, т. е. определяющими в этом отношении являются структурно-тектонические особенности развития изучаемой территории до, во время и после формирования данных осадочных толщ. Интенсивность развития элювиальных толщ зависит от интенсивности выветривания, глубины возможного корообразования и скорости размыва образующихся толщ. Наиболее интенсивная денудация элювиальных продуктов происходит [4—7] вдоль эрозионной сети, тогда как на плоских водоразделах, наоборот, наблюдается минимальный размыв при наиболее интенсивном дренаже. На таких водоразделах обычно и формируется мощная кора выветривания (КВ), которая сохраняется от размыва только при стечении ряда благоприятных факторов, прежде всего в понижениях древнего рельефа денудационной поверхности и в тектонически опущенных блоках. На пенеппене или первичной аккумулятивной равнине дренаж обычно слаб, отчего здесь не образуются мощные КВ.

На Сибирской платформе (СП) благоприятные палеогеографические условия для формирования мощных КВ существовали [9—11] в позднедевонское-раннекаменноугольное и средне—позднетриасовое время. Особенности поступавшего в бассейны седиментации при формировании алмазоносных россыпей терригенного материала можно рассмотреть на примере последнего этапа. Интенсивное средне—позднетриасовое выветривание терригенно-карбонатных пород нижнего палеозоя, доломитов, агломератовых туфов трубок взрыва и триасовых туфогенных образований корвунчанской свиты, а также кимберлитов на СП привело к формированию значительных по мощности КВ [4—6]. Продукты их перемыва и переотложения присутствуют в мезозойских континентальных (иреляхская и укугутская свиты) и прибрежно-морских (плинсбахский и тоарский ярусы) отложениях, детально изученных нами [2—5] на северо-востоке мезозойского Ангаро-Вилойского мезозойского прогиба — АВМП (Малоботуобинский алмазоносный район — МБАР).

В мезозое в пределах АВМП существовали [4—6] две структурно-формационные зоны, которые характеризовались специфическими особенностями строения, наложившими определённый отпечаток на формировавшиеся осадки. Одна из них — *северо-*

ро-западная зона — совпадает с северо-западным бортом АВМП и расположена в пределах траппового плато. Здесь существовали условия денудационной и денудационно-аккумулятивной равнины, благоприятные для накопления осадков, в которых доминирует местный материал (рис. 1). В это время вдоль бровки северо-западного борта прогиба в пределах МБАР на поверхности выходили источники кимберлитового материала (Иреляхская и Мачобинская депрессии).

Вторая зона (*юго-восточная*) совпадает с центральной (приосевой) частью прогиба, где в условиях низменной аллювиальной равнины (для иреляхской и укугутской свит) накапливались отложения [5, 9, 11], обогащённые преимущественно чуждым району полиминеральным материалом (рис. 2). В отложениях *иреляхской свиты* (T_3-J_{1gr}) псефитовые породы представлены гравелитами, конгломератами, брекчиями, а также рыхлыми галечно-щебенчатыми отложениями. В основании разреза они обычно образуют линзы и прослои, а по разрезу отмечаются только рассеянные гальки и гравий. Наибольшая мощность прослоев крупнообломочных пород отмечена в нижней толще иреляхской свиты в пределах приосевой части АВМП. Обломочный материал представлен [4—5] преимущественно (до 80%) сравнительно хорошо окатанными разнообразными (метаморфическими, кислыми, средними, щелочными изверженными и интрузивными) чуждыми району породами. Обломки местных пород (различно изменённые терригенно-карбонатные породы нижнего палеозоя и траппы) окатаны слабо. Широко распространены здесь псаммиты, представленные граувакковыми аркозами, полевошпат-кварцевыми и кварц-полевошпатовыми граувакками [6—8]. Чисто алевритовые и глинистые породы в разрезах приосевой части прогиба встречаются сравнительно редко. Для иреляхских отложений отмеченной полосы характерно (рис. 1) развитие глин с прослоями тонкозернистых песков и алевритов. Более полные разрезы свиты сохранились здесь в Иреляхской и Мачобинской депрессиях.

Стратотипом иреляхских отложений этого района можно считать разрезы древней алмазоносной россыпи, расположенной в локальной впадине на борту Иреляхской мезозойской депрессии. Повышенная концентрация продуктов переотложения древних КВ отмечается здесь в нижних горизонтах свиты. Обычно в таких участках увеличивается крупность песка и появляется примесь галечного и гравийного материала. Нередко в нижних частях разрезов свиты встречаются глыбы и щебень в различной степени выветрелых терригенно-карбонатных пород нижнего палеозоя и значительная концентрация индикаторных минералов кимберлитов — ИМК (пироп и пикроильменит). Вверх по разрезу содержание выветрелого материала резко

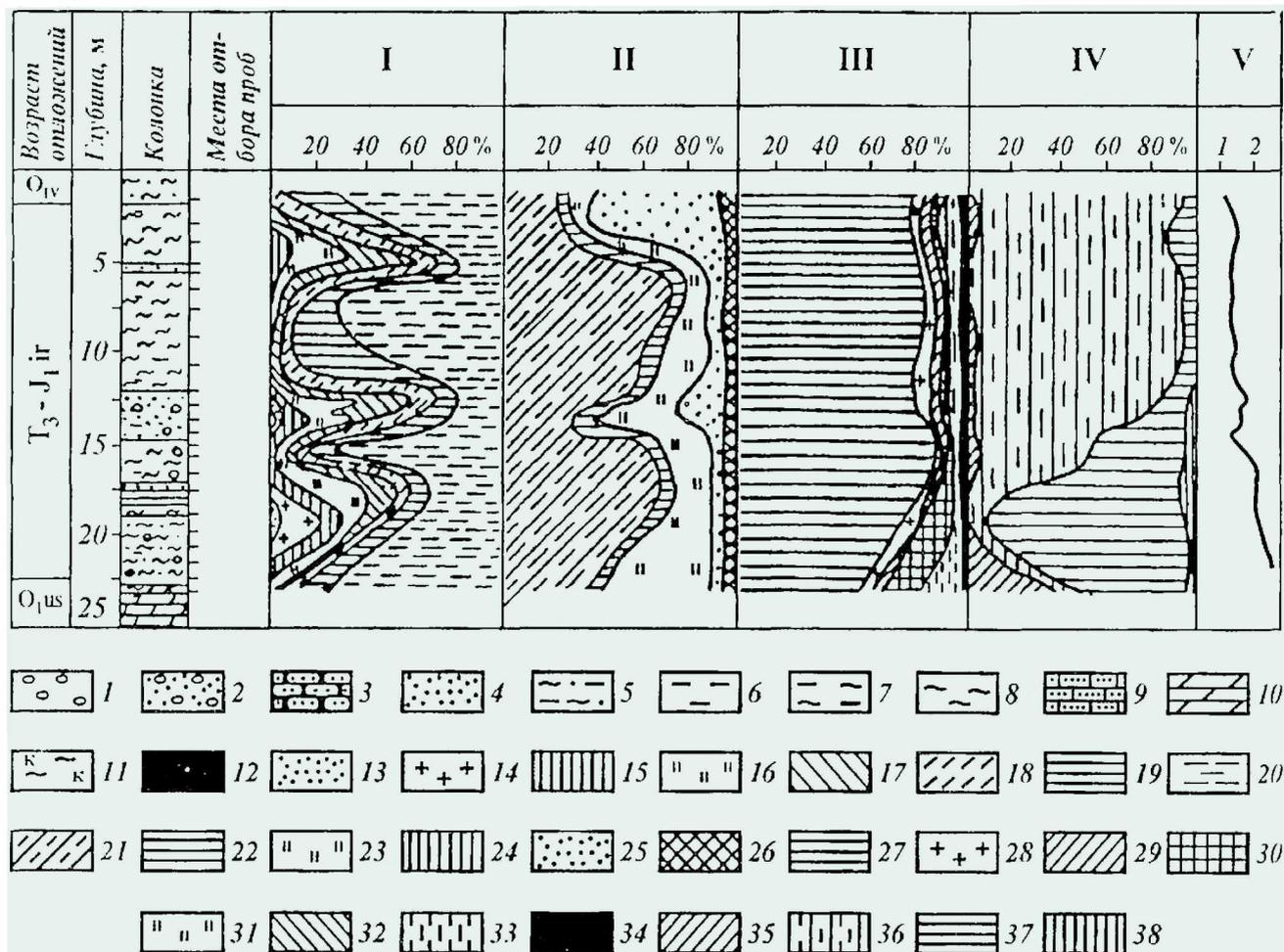


Рис. 1. Литолого-стратиграфический разрез отложений иреляхской свиты, вскрытых скважиной 31,5/5 (центральная часть МБАР): литологическая колонка: 1 – галечники с гравием; 2 – галечники с песком; 3 – песчаники; 4 – пески; 5 – песчано-алеврито-глинистые породы; 6 – алевролиты; 7 – алевритистые глины; 8 – глины; 9 – известковистые песчаники; 10 – доломиты; 11 – коры выветривания; I – гранулометрический состав пород (в мм): 12 – крупнее 2,5; 13 – 2,5–1,0; 14 – 1,0–0,75; 15 – 0,75–0,5; 16 – 0,5–0,25; 17 – 0,25–0,1; 18 – 0,1–0,05; 19 – 0,05–0,01; 20 – мельче 0,01; II – минеральный состав легкой фракции (0,1–0,05 мм): 21 – кварц; 22 – калиевые полевые шпаты; 23 – плагиоклазы; 24 – кремнисто-глинистые агрегаты; 25 – глинисто-железистые агрегаты; 26 – мусковит, биотит, хлорит и др.; III – минеральный состав терригенной части тяжелой фракции (0,1–0,05 мм): 27 – ильменит и магнетит; 28 – лейкоксенизированный ильменит; 29 – минералы группы эпидота (эпидот, цоизит, клиноцоизит и др.); 30 – амфиболы; 31 – турмалин и апатит; 32 – гранаты; 33 – циркон; 34 – сфен, пироксены, дистен и др.; IV – минеральный состав легкой фракции (0,1–0,05 мм): 35 – гидрослюда; 36 – монтмориллонит и неупорядоченные монтмориллонит-гидрослюдистые смешанослойные образования; 37 – каолинит; 38 – хлорит и вермикулит; V – соотношение $J(10 \text{ \AA}) : J(5 \text{ \AA})$

уменьшается. Несколько иной тип отложений иреляхской свиты зафиксирован в этой же полосе в Мачобинской депрессии [4–9]. В иреляхских отложениях бассейна р. Ирелях широко развиты гравелиты, в большинстве разновидностей которых преобладают обломки кремнистых, пирокластических и эффузивных пород.

На отдельных участках в иреляхских образованиях широко распространены обломки своеобразных сильно выветрелых эффузивов и туфов, хрупкость сложения которых позволила отдельным исследователям [11] связать это с существованием эпохи выветривания и в послеиреляхское время. Обломки кремнистых и эффузивных кислых пород проявляют достаточно четко выраженную тенденцию к разобщению в пространстве [2–4]. Поэтому в ирелях-

ских отложениях описываемого района (бассейн руч. Глубокий и др.) наблюдаются гравелитовые и гравийсодержащие песчано-алевритовые прослои, включающие только твёрдые (не пелитизированные) обломки (кремни, кварц и эффузивы). На отдельных участках встречаются прослои, целиком или частично состоящие только пелитизированных гравийных обломков. Подавляющее большинство гравелитов заполнено и сцементировано смесью песка, алеврита и глины. Доминирующая часть гравелитов имеет обычно собственно граувакковый состав, а их песчано-алевритовый материал относится к кварцевым и полевошпат-кварцевым грауваккам. Роль цемента в гравелитах выполняет глинистое вещество, заполняющее поры между зёрнами или образующее базальную основу породы.

Для иреляхских отложений довольно характерны *псаммитовые породы* (пески и в различной степени сцементированные песчаники). Нередко встречаются смешанные породы, состоящие из различных (иногда почти равных) количеств песка, алеврита и глины. Важнейшими породообразующими минералами являются кварц и полевые шпаты. Большая часть зёрен кварца, содержащих твердые, жидкие и газовые включения, и хорошо огранённых бесцветных и дымчатых дипирамидальных его кристаллов поступила в иреляхские отложения этой территории за счёт разрушения эффузивов [4, 7].

Чисто *алевритовые* и *глинистые* породы в разрезах иреляхской свиты района встречаются довольно редко, хотя различные количества алевритового (размером 0,1—0,01 мм) и пелитового (< 0,01 мм) материала отмечены почти во всех разностях пород (рис. 1 и 2). Характерными диагенетическими минералами для глин свиты являются сидерит, пирит и гидроксиды железа (рис. 1, 2). Сидерит образует

довольно крупные сферолиты в глинах иреляхской свиты бассейна руч. Глубокий, а также переполняет глинистую породу мелкими, равномерно распределёнными сферолитами. Чётко фиксируются здесь продукты переотложения КВ терригенно-карбонатных пород, трапповой и кимберлитовой формаций, максимальная концентрация которых отмечена в базальных горизонтах и нижних частях иреляхской свиты северо-восточного борта АВМП. Продукты выветривания терригенно-карбонатных пород в образованиях иреляхской свиты этой территории уверенно идентифицируются по постоянному присутствию каолинита и диоктаэдрической гидрослюда 2M₁. Иреляхские отложения вдоль бровки северо-западного борта АВМП характеризуются неравномерной концентрацией материала, поступавшего из КВ кимберлитов.

В отличие от этого, отложения *укугутской свиты* (J₁uk) характеризуются в целом незначительными (по сравнению с иреляхской свитой) концентраци-

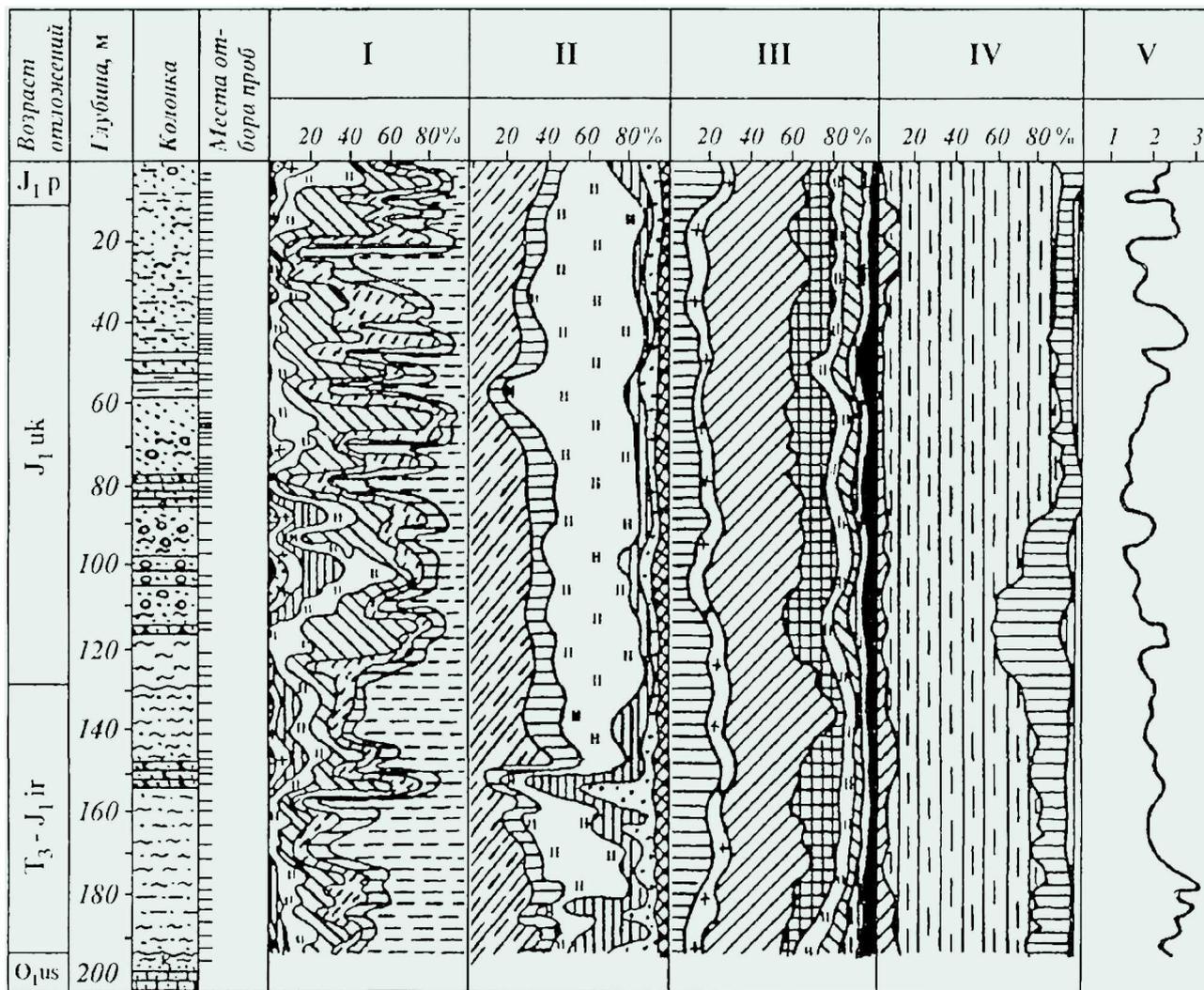


Рис. 2. Литолого-стратиграфический разрез мезозойских отложений, вскрытых скважиной 814 (южная часть МБАР), усл. обознач. см. рис. 1

ями продуктов переотложения древних КВ. Нижние горизонты укугутской свиты сложены довольно мощной толщей конгломератов [4—6]. Галечный материал в них состоит из разнообразных изверженных, метаморфических и осадочных пород. Подавляющее большинство (иногда до 90%) этих образований являются чуждыми для района. К ним относятся метаморфические и большая часть изверженных разностей. В депрессиях траппового плато (северо-западный борт прогиба) отложения укугутской свиты более обогащены продуктами переотложения древних КВ, чем в центральной части прогиба (рис. 2), но значительно меньше, чем в иреляхских образованиях. В отложениях укугутской свиты северо-западного борта прогиба развиты гравелиты, отличающиеся от иреляхских толщ большей грубозернистостью и иным составом обломков, среди которых не встречены пелитизированные эффузивы. Остальная часть обломков по составу близка к иреляхским породам, однако здесь появляются обломки полнокристаллических пород — аплитов, гранит-порфиоров, микрогранитов, микропегматитов и др.

В укугутских отложениях заметно больше гравийных зёрен кварца и особенно полевых шпатов, представленных ортоклазом и микроклином. Чаше присутствуют в них обломки осадочных пород (алевролитов, песчаников и др.), а также метаморфических сланцев и гнейсов. Цемент в этих гравелитах преимущественно глинистый — от порового до базального типа. Нередко (бассейн руч. Улахан-Курунг-Юрях и др.) цемент сложен почти полностью серпентином (как и на отдельных площадях иреляхской свиты), который образует сферолиты, заполняющие межзерновые пространства, проникает по трещинкам в обломочные зёрна и корродирует их. Довольно типичны для укугутской свиты песчаные образования (рис. 2), среди которых выделяются как крупно- и разнозернистые, так средне- и мелкозернистые разновидности. В отличие от последней в укугутских породах появляются сильно хлоритизированные обломки эффузивов или туфов с реликтовыми порфировыми и кристалло-витрокластическими структурами. Несмотря на в целом небольшую обогащённость отложений укугутской свиты материалом древних КВ, в локальных депрессиях северо-западного борта АВМП, в случае непосредственного залегания их на КВ терригенно-карбонатных пород (бассейн ручьев Дьегус и Улаах) или траппов, в нижних горизонтах увеличивается концентрация аллотигенных глинистых минералов, связанных с гипергенными изменениями отмеченных пород.

Отложения *плинсбахского яруса* (J_{1p}) также характеризуются сравнительно небольшой концентрацией продуктов КВ. Крупнообломочные породы в них распространены ограниченно [4—7]. Их петрографический состав менее разнообразен, чем в

укугутской свите, и обычно во многом связан с составом местных пород. Довольно широко развиты в плинсбахских отложениях псаммитовые образования, преимущественно аркозовой и граувакковой групп пород, что характерно и для аналогичных пород тоарского яруса. От типичных образований укугутской свиты отложения плинсбахского и тоарского ярусов отличаются более высоким содержанием литоидных обломков и частично их составом. Здесь обычно заметно меньше кремней и основных эффузивов и больше кислых и средних эффузивных и жильных пород.

Алевролиты плинсбахского яруса нередко переослаиваются с песчаными образованиями, образуя алевро-песчаный ритмолит. Они обычно плохо сортированы, имеют полимиктовый состав и повышенную углистость. В таких алевролитах также много хлоритизированных обломков (в виде линзовидных скоплений), слюд и собственно хлорита.

Для *тоарских отложений* (J_{1t}) наиболее характерны алевролитовые породы, отличающиеся значительной крупностью частиц, большими примесями глинистого вещества, полимиктовым составом и обилием скоплений хлорита и сидерита, а также заметно меньшим содержанием слюд и обломков неизмененных пород. Отложениям плинсбахского и тоарского ярусов в целом не свойственны высокая концентрация продуктов КВ других пород, что подтверждается особенностями вещественного состава этих толщ. Это подчеркивается также незначительной примесью в них аллотигенных глинистых минералов. В период формирования этих отложений небольшую роль играли только древние КВ основных пород. На это указывает присутствие в пелитовой составляющей аллотигенного монмориллонита и смешанослойных образований, свойственных этим КВ.

Таким образом, приведённая характеристика вещественного состава позволяет детализировать условия формирования различных толщ мезозоя в пределах МБАР и оценить особенности концентрации в них продуктов переотложения КВ, в том числе и кимберлитового материала. Накоплению осадков *иреляхской свиты* предшествовало широкое развитие процессов корообразования и формирование мощной элювиальной толщи на пенепленизированной поверхности района. С заложением в конце среднего триаса АВМП усилились эрозийные процессы и образовался доиреляхский рельеф. В юго-восточной структурно-формационной зоне начало формирования отложений иреляхской свиты характеризуется образованием и в дальнейшем развитием нескольких ландшафтных зон. В приосевой части указанного прогиба существовала обстановка аллювиальной равнины с обильным привносом чуждого району крупнообломочного материала. На склоне центральной части прогиба была обстановка денудационно-аккумуля-

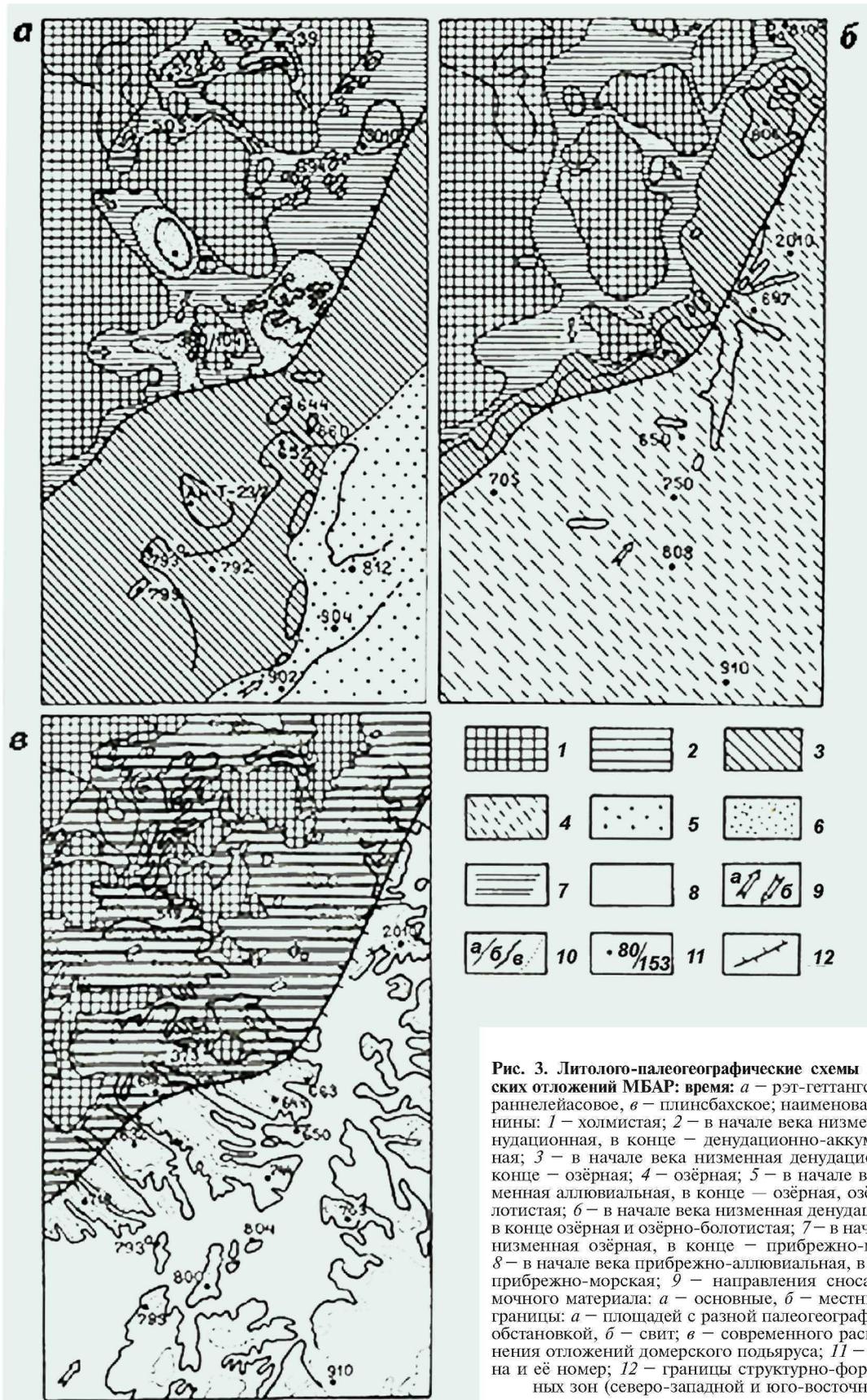


Рис. 3. Литолого-палеогеографические схемы мезозойских отложений МБАР: время: *а* – рэт-геттангское, *б* – раннелейасовое, *в* – плинсбахское; наименование равнины: 1 – холмистая; 2 – в начале века низменная денудационная, в конце – денудационно-аккумулятивная; 3 – в начале века низменная денудационная, в конце – озёрная; 4 – озёрная; 5 – в начале века низменная аллювиальная, в конце – озёрная, озёрно-болотистая; 6 – в начале века низменная денудационная, в конце озёрная и озёрно-болотистая; 7 – в начале века низменная озёрная, в конце – прибрежно-морская; 8 – в начале века прибрежно-аллювиальная, в конце – прибрежно-морская; 9 – направления сноса обломочного материала: *а* – основные, *б* – местные; 10 – границы: *а* – площадей с разной палеогеографической обстановкой, *б* – свит; *в* – современного распространения отложений домерского подъяруса; 11 – скважина и её номер; 12 – границы структурно-формационных зон (северо-западной и юго-восточной)

тивной равнины, в пределах которой отмечалось развитие водотоков, приносивших большое количество местного обломочного материала из пределов траппового плато. Это способствовало формированию здесь (рис. 3, а) делювиально-пролювиальных, пролювиально-аллювиальных и озёрных фаций.

В пределах структурной террасы вдоль северо-западного борта прогиба, где выходили на дневную поверхность породы нижнего палеозоя, в период накопления осадков указанной ландшафтной зоны происходило дальнейшее развитие локальных депрессий (Иреляхской и Мачобинской), размыв КВ и накопление делювиальных и в меньшей степени пролювиальных отложений. Эти отложения, характеризующиеся интенсивным вторичным минералообразованием, имеют небольшую мощность из-за последующего их размыва при формировании перекрывающих толщ. В пределах траппового плато по ослабленным тектоническими нарушениями зонам развивалась обстановка низкой денудационной равнины с усиленным размывом и выносом разрушенного материала за пределы этой ландшафтной зоны.

Завершающий этап данного периода характеризуется развитием на большей части рассматриваемой территории озёрной и озёрно-болотной равнины, о чем свидетельствуют сохранившиеся от размыва на склоне центральной части прогиба мелкозернистые отложения с тонкой слоистостью. Состав и характер этих отложений позволяет утверждать, что их накопление происходило в результате деятельности временных потоков, отлагавших обломочный материал в замкнутых пресноводных бассейнах застойного характера с непостоянным водным режимом. Периоды сравнительно интенсивного поступления обломочного материала в бассейны седиментации чередовались с периодами затухания эрозии, что привело к образованию глинистых и алеврито-глинистых отложений с прослоями углистых глин и бурого угля. Эти отложения накапливались в мелководных, периодически заболачивающихся водоёмах. В то же время в пределах траппового плато обстановка низкой денудационной равнины сменилась условиями низкой денудационно-аккумулятивной равнины, что привело к накоплению делювиально-пролювиальных, пролювиально-аллювиальных и озёрных осадков.

Минералы кимберлитов в отложениях иреляхской свиты, накапливавшиеся в условиях низкой аллювиальной равнины, встречаются крайне редко. При этом четко выраженных ореолов рассеяния в этом случае не образуется. В нижней (аллювиальной) толще — это связано с обильным поступлением обломочного материала дальнего сноса и быстрым захоронением осадков, а в верхней (озёрно-болотной) — с отсутствием во время её формирования в рассматриваемой части района

приподнятых участков с мощными КВ (в том числе и на кимберлитовых породах).

Судя по особенностям концентрации кимберлитового материала в отложениях иреляхской свиты, наиболее благоприятными для поисков алмазных россыпей являются образования, развитые в полосе 30–35 км вдоль бровки северо-западного борта АВМП. Следует отметить весьма низкую перспективность их обнаружения в отложениях иреляхской свиты, распространенных в пределах траппового плато, где они обогащены преимущественно продуктами переотложения КВ пород трапповой формации. Только с наличием кимберлитовых тел в тектонически приподнятых блоках происходит образование небольших россыпей и ореолов рассеяния кимберлитового материала.

Литолого-фациальный анализ отложений *укугутской свиты* позволил установить широкое развитие в районе континентальных ландшафтов в юго-восточной и северо-западной структурных зонах (рис. 3, б). В пределах *первой*, охватывающей центральную часть прогиба, существовала обстановка низменной аллювиальной равнины. Здесь накоплению осадков предшествовали размыв территории, во время которого эрозией были уничтожены и вынесены за пределы района значительные толщи рэт-геттангских и более древних отложений, а также развитие на них КВ. Об этом свидетельствуют практически полное отсутствие последней на породах нижнего палеозоя, фрагментарное распространение иреляхских отложений в основании укугутской аллювиальной толщи и наличие в её базальных горизонтах валунного материала. Затем сформировались аллювиальные осадки, сложенные плохо отсортированными, в основном крупно- и грубообломочными образованиями (с прослоями более мелкозернистых разностей) полимиктового состава, который не отражает особенностей отложений ближайшего обрамления низменной аллювиальной равнины. В конце раннелейасового времени центральная часть прогиба превратилась в широкую аллювиальную равнину, характеризующуюся речными системами с преобладанием потоков низкой миграционной энергии. Это привело к формированию полимиктовых разнородных песков с прослоями мелкогалечного материала, а в верхах разрезов — алевритов и глин.

В пределах *второй* структурно-формационной зоны отмечалось развитие денудационной низкой холмистой равнины и плато, являвшихся древней сушей местной области сноса обломочного материала. Осадконакопление в этой зоне происходило только в пределах локальных депрессий в условиях развития обстановки денудационно-аккумулятивной равнины. На протяжении всего раннелейасового времени отмечались размыв развитых здесь верхнепалеозойских вулканогенно-осадочных, ниж-

непалеозойских терригенно-карбонатных и трапповых пород и образованных на них КВ, а также вынос обломочного материала в юго-восточном направлении — в пределы аллювиальной равнины. Довольно неравномерно распределён в укугутской свите и кимберлитовый материал, что связано с описанными выше особенностями формирования этих отложений. На протяжении начального периода раннелейасового времени происходил размыв как коренных, так и россыпных алмазных проявлений в обоих структурно-формационных зонах и частичный вынос материала за пределы района. В процессе этого размыва могли быть уничтожены ореолы рассеяния кимберлитового материала. В последующий период в юго-западной зоне материал местных источников сноса разубоживался большим количеством аллювиальных образований. Поэтому только при весьма благоприятных условиях (вынос кимберлитового материала на протяжении длительного времени) вдоль бровки северо-западного борта прогиба могли формироваться отдельные полосы аллювиальных осадков небольшой протяженности. Необходимо также отметить, что находки кимберлитового материала зафиксированы в отдельных случаях и в отложениях укугутской свиты центральной части прогиба. Источниками являются перекрытые осадочными толщами кимберлитовые тела, тяготеющие к проходящей западнее этих находок зоне глубинных разломов. На остальной территории рассматриваемой зоны кимберлитовые минералы в отложениях укугутской свиты не установлены. В отличие от этого, условия для формирования ореолов рассеяния кимберлитового материала в отложениях укугутской свиты локальных депрессий северо-западной структурно-формационной зоны были аналогичны рассмотренным выше для развитых здесь образований иреляхской свиты.

Рассматривая в целом условия формирования отложений *плинсбахского яруса*, следует отметить, что в начале карикского времени в пределах юго-восточной структурно-формационной зоны произошла смена континентальных условий осадконакопления на прибрежно-морские (рис. 3, в). В это время наступил период морской трансгрессии, в процессе которой подвергся нивелированию сформировавшийся в предшествующую эпоху слабо расчлененный рельеф. Для рассматриваемого времени характерна смена движений береговой линии, о чем свидетельствует чередование прибрежно-морских образований с пресноводными. В пределах северо-западной структурно-формационной зоны в *карикское* время развивалась обстанов-

ка озёрной и озёрно-болотной равнины, т. е. существовали благоприятные условия для формирования отложений, обогащенных переотложенными продуктами КВ. *Домерское время* характеризуется еще более значительным наступлением моря на сушу, охватившем и северо-западную структурно-формационную зону, где эрозионный рельеф с реликтами КВ по мере продвижения моря подвергался значительной абразии. В целом отложения домерского подъяруса характеризуются низкой концентрацией продуктов переотложения древних КВ. Наибольшее содержание выветрелого материала отмечается в базальных слоях вокруг островов, береговых валов и береговой линии в пределах структурной террасы вдоль бровки северо-западного борта АВМП, где происходила значительная абразия развитых здесь терригенно-карбонатных пород нижнего палеозоя. В местах выхода на дневную поверхность кимберлитов происходил их размыв, что подтверждается наличием их обломков в базальных горизонтах домерского подъяруса. На всей остальной площади рассматриваемой территории в домерское время, как и в юго-восточной зоне в карикское время, кимберлиты были уже перекрыты мощной толщей более древних отложений.

В *тоарское время* территория АВМП была морским бассейном. Даже возвышенные участки его северо-западного борта, сложенные траппами, являлись сублиторалью тоарского моря. Образование тоарских отложений происходило преимущественно в условиях неглубокой части моря. Материал древнего элювия в бассейны седиментации этого времени не мог поступать, так как практически на всей площади района КВ и породы, обогащенные продуктами их ближнего переотложения к этому времени были уже перекрыты плинсбахскими образованиями.

Резюмируя приведенные материалы исследований, следует ещё раз подчеркнуть, что для мезозойского времени характерны специфические особенности перемыва и переотложения продуктов КВ, обусловленные развитием в АВМП двух палеогеографических зон. В юго-восточной зоне, охватывающей центральную часть прогиба, условия для накопления материала древних КВ существовали ограниченно только в иреляхское время. В северо-западной зоне, занимающей трапповое плато, в течение всего иреляхского, укугутского и карикского времени на повышенных платообразных поднятиях происходило корообразование, одновременный размыв и переотложение его продуктов в локальных депрессиях, а также частичный вынос материала КВ за пределы данной зоны.

ЛИТЕРАТУРА

1. Афанасьев В.П., Зинчук Н.Н., Похиленко Н.П. Поисковая минералогия алмаза. Новосибирск: Гео, 2010. 650 с.
2. Зинчук Н.Н. О выделении новых генетических типов иреляхских отложений на правом берегу реки Малая Ботуобия (Западная Якутия) // Новости геологии Якутии. № 4. Якутск: ПГО «Якутскгеология», 1978. С. 67–72.
3. Зинчук Н.Н. Глинистые минералы в древних корках выветривания и продуктах их переотложения в континентальных толщах Западной Якутии. М.: МОИП, 1986. С. 5–19.
4. Зинчук Н.Н. Коры выветривания и вторичные изменения кимберлитов Сибирской платформы (в связи с проблемой поисков и разработки алмазных месторождений). Новосибирск: НГУ, 1994, 240 с.
5. Зинчук Н.Н. Постмагматические минералы кимберлитов. М.: Недра, 2000. 538 с.
6. Зинчук Н.Н., Борис Е.И. Средне-позднетриасовые коры выветривания северо-восточной части Ангаро-Виллойдского прогиба // Советская геология. 1980. № 4. С. 113–125.
7. Зинчук Н.Н., Борис Е.И. Обогащенность продуктами выветривания мезозойских отложений Ангаро-Виллойдского прогиба // Советская геология. 1981. № 7. С. 100–108.
8. Зинчук Н.Н., Коптиль В.И. Типоморфизм алмазов Сибирской платформы. М.: Недра, 2003. 603 с.
9. Иванив И.Н., Зинчук Н.Н., Борис Е.И., Хмелевский В.А. Состав, условия формирования отложений иреляхской свиты // Советская геология. 1977. № 5. С. 148–156.
10. Казанский Ю.П. Выветривание и его роль в осадконакоплении. М.: Наука, 1976. 271 с.
11. Рожков И.С., Михалев Г.П., Зарецкий Л.М. Алмазные россыпи Мало-Ботуобинского района Западной Якутии. М.: Изд-во АН СССР, 1963. 137 с.

REFERENCES

1. Afanasiev V.P., Zinchuk N.N., Pokhilenko N.P. *Prospecting mineralogy of diamond*. Novosibirsk, Geo (Publ), 2010, 650 p. (in Russian)
2. Zinchuk N.N. About allocation of new genetic types of Irelyakh sediments on the right bank of the Malaya Botuobiya river (Western Yakutia). *News of geology of Yakutia*. Yakutsk, 1978, no 4, pp. 67–72. (in Russian)
3. Zinchuk N.N. *Argillaceous minerals in ancient crusts of weathering and products of their redeposition in continental rock mass of Western Yakutia*. M., VMOIP (Publ), 1986, pp. 5–19. (in Russian)
4. Zinchuk N.N. *Crusts of weathering and secondary changes of the Siberian platform kimberlites (in connection with the problem of prospecting and mining of diamond deposits)*. Novosibirsk, NSU (Publ), 1994, 240 p. (in Russian)
5. Zinchuk N.N. *Postmagmatic minerals of kimberlites*. M., Nedra Publ, 2000, 538 p. (in Russian)
6. Zinchuk N.N., Boris E.I. Middle-Late-Triassic crusts of weathering of north-eastern part of Angara-Vilyuy trough. *Soviet Geology*, 1980, no 4, pp. 113–125. (in Russian)
7. Zinchuk N.N., Boris E.I. Enrichment of Angara-Vilyuy trough Mesozoic sediments by products of weathering. *Soviet Geology*, 1981, no 7, pp. 100–108. (in Russian)
8. Zinchuk N.N., Koptil V.I. *Typomorphism of the Siberian platform diamonds*. M., Nedra Publ, 2003, 603 p. (in Russian)
9. Ivaniv I.N., Zinchuk N.N., Boris E.I., Hmelevsky V.A. Composition, conditions of Irelyakh suite sediments formation. *Soviet Geology*. 1977, no 5, pp. 148–156. (in Russian)
10. Kazansky Y.P. Weathering and its role in sedimentation. M., Nauka Publ, 1976, 271 p. (in Russian)
11. Rozhkov I.S., Mikhalev G.P., Zaretsky L.M. *Diamondiferous placers of Malo-Botuobinsky region of Western Yakutia*. M., USSR AS (Publ), 1963, 137 p. (in Russian)

УДК 533. 411

О «ШАГЕ РАЗМЕЩЕНИЯ» И ПРОГНОЗИРОВАНИИ ЗОЛОТОРУДНЫХ ТЕЛ ЖИЛЬНОГО ТИПА

Е.М. НЕКРАСОВ

ФГУНПП «Аэрогеология»

8, стр. 2, Академика Волгина ул., г. Москва 117485, Россия

e-mail: nekrasov@mineral.ru

Показано, что на участках некоторых золоторудных месторождений жильного типа рудные тела нередко размещаются вдоль непротяжённых локальных рудоконтролирующих нарушений (ЛРН) в виде закономерной системы равноудалённых одна от другой жил на расстояние от 30–70 м до 100–250 м, т. е. в «шаге размещения». Это позволяет прогнозировать рудные тела на флангах нарушений и вести поиск бурением. На ряде примеров близповерхностных месторождений подтверждено, что такие рудные тела могут формироваться на двух вертикальных рудоносных уровнях — верхнем и нижнем. На верхнем уровне система золоторудных тел возникает в пределах очень короткого вертикального диапазона (100–300 м), неглубоко от палеоповерхности, преимущественно в алунит-адуляр-каолинитовых метасоматитах. Здесь формируются ритмично-полосчатые руды с низкопробным золотом. На нижнем уровне рудные тела образовались в интервале 600–1000 м и глубже от палеоповерхности в зонах тектонических брекчий, пересекающих метасоматиты типа вторичных кварцитов. В них чаще локализуются руды брекчиевой текстуры со сравнительно высокопробным золотом. Таким образом, на близповерхностных месторождениях возможно проведение поисков новых рудных тел (в том числе слепых) в «шаге размещения» одно от другого на двух уровнях оруденения и вместе с тем на значительной глубине.

Ключевые слова: золоторудные месторождения; рудные тела; шаг размещения; руды; минералы благородных металлов; поиски.

ON «STEP OF ALLOCATION» AND FORECASTING OF THE VEIN GOLD ORE BODIES

E.M. NEKRASOV

*Federal State Unitary Scientific Production Enterprise "Air Geology"
Build. 2, 8, Academician Volgin Street, Moscow 117485., Russia
e-mail: nekrasov@mineral.ru*

On the example of a number of domestic and foreign gold vein deposits it has been shown that the system of gold-ore bodies is located along some narrow local ore controlling displacements in a shape of veins. These veins are located at approximately equal distances from each other - at allocation step. This step varies from 30–70 m to 100–250 m for different deposits. It allows forecasting of ore bodies at the flanks of the displacements and exploration by drilling. On the example of near-surface deposits it has been confirmed that such ore bodies can be formed at two vertical ore-bearing levels — upper and lower (deep). The upper level appears at very narrow vertical range of depths (100–300 m) near the paleosurface, presumably in the aluminosilicate-adular-kaolinic metasomatites. Here the rhythmically-banded ores with low-grade gold are formed. At the lower (deep) level, the ore bodies can be formed in the interval of 600–1000 m and deeper from the paleosurface in the zones of tectonic breccia, crossing the metasomatites of the secondary quartzites type. They are more often to be the place of the localization of breccia structure ores with comparatively high-grade gold. So, at the near-surface deposits it is possible to explore the new (in particular, blind) ore bodies in allocation step distance from each other at two levels of mineralization, and, moreover, at the significant depth.

Key words: gold deposits; ore body; mineralization; minerals of noble metals; step of allocation; exploration.

В последнее время золотодобывающие компании предпочитают разрабатывать крупнейшие и крупные золоторудные месторождения, представленные единичными, но мощными и протяжёнными зонами прожилково-вкрапленных и вкрапленных руд. Вместе с тем в мире существенно преобладает доля месторождений золота, которые относятся к средним и даже мелким объектам, сложным разобщёнными, но нередко субпараллельными рудными телами. Обработка каждого из них заканчивается сравнительно быстро, что требует непрерывной доразведки эксплуатирующихся месторождений. В подобной обстановке значительную роль играют надёжные предпосылки обнаружения новых рудных тел. При этом существенное значение приобретает разработанное к настоящему времени понятие «шага размещения» рудных тел. Эксплуатирующиеся рудные тела обычно являются членами рудно-структурного звена, которое может быть представлено связкой «рудоконтролирующее нарушение — отделяющийся от него рудовмещающий разрыв и залечивающее его рудное тело». При этом рудоконтролирующие нарушения даже на сравнительно небольших месторождениях нередко выступают и рудоподводящими разрывами. Масштабно проявляющиеся рудоконтролирующие нарушения обычно ведут себя в качестве подчинённых по отношению к основным разломам, контролирующим в целом размещение оруденения на месторождении. Они ограничиваются такими разломами. В результате они выступают контролирующими развитие оруденения только на отдельных сравнительно небольших и разобщённых участках месторождения. Примером таких объектов могут служить хорошо известные глубокосформированные золоторудные месторождения, такие как Дарасунское, Итакинское в Восточном Забайкалье, Кочкарское на Южном Урале и др. Среди близповерхностных месторождений золотосереб-

ряных руд можно назвать Балей-Тасеевское, Джульета, Агинское, Мутновское и пр.

Кратко остановимся на названных примерах. Дарасунское месторождение развито в массиве верхнепалеозойских гранитоидов и сменяющих их на западе и юго-западе амфиболовых сланцах раннепалеозойского возраста. Оно детально описано Д.А. Тимофеевским [12] и его помощниками, в числе которых был и автор настоящей статьи [4].

Месторождение расположено в 140 км на северо-восток от г. Чита. Оно размещается между разломами-сателлитами Дарасун-Балейской зоны региональных разломов северо-западного направления. Представлено разобщёнными рудными жилами и жиллообразными зонами (в амфиболитах). Жилы и жилные зоны отделяются от непротяжённых и маломощных рудоконтролирующих нарушений. Последние проявлены между субпараллельными разломами-сателлитами: Северо-Восточным, зоной Главного сброса и разломом Карбонатных жил (вытягивающимся вдоль юго-западной границы месторождения). Разломы-сателлиты региональной Балей-Дарасунской поперечной зоны расчленяют месторождение на два оруденелых тектонических блока (рис. 1) — северо-восточный и юго-западный. Блоки вытянуты в северо-западном направлении более чем на 3 км и вмещают все рудные тела месторождения. Развитые между ними непротяжённые рудоконтролирующие нарушения обладают север—северо-восточным простиранием.

Это маломощные (обычно менее 1 м) трещинные поверхности с дорудной гидротермально-изменённой глиной трещин и редкими линзовидными зонами тектонической, также изменённой брекчии. Прослеживается каждое из них не более чем на 1,0–3,0 км. Учитывая изложенное, такие нарушения, подчинённые более протяжённым и мощным разломам (на Дарасуне — Северо-Восточный, Главный, Карбонатных жил) целесообразно

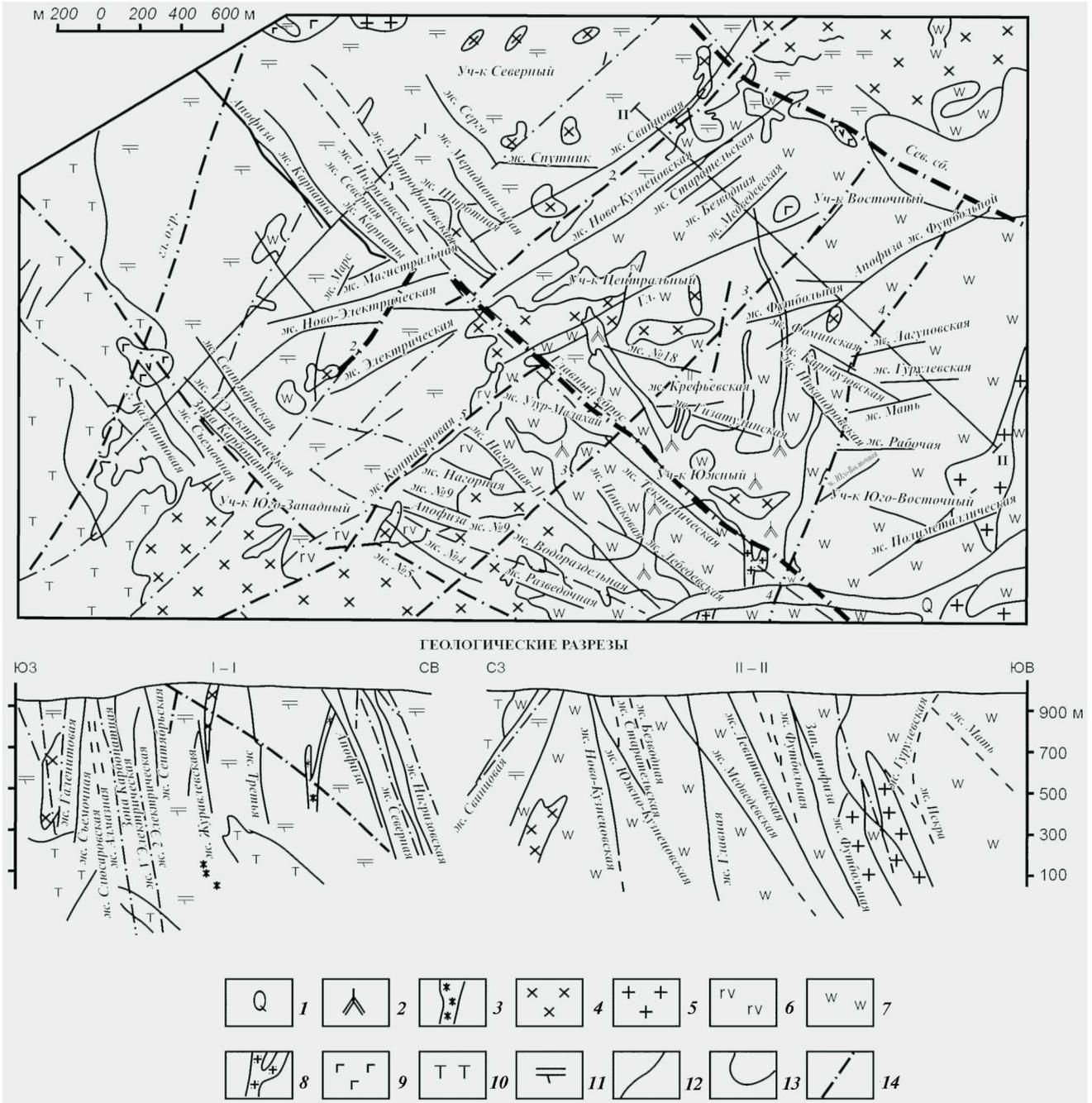


Рис. 1. Геологическая схема Дарасунского месторождения и разрезы [12]; план, Северо-Восточный сброс – Сев. сб, Главный сброс, зона Карбонатная, Главное нарушение, ограничивающее распространение оруденения на северо-запад – Гл. огр., локальные рудо-контролирующие нарушения (ЛРН) северо-восточного простирания: 1 – Мартовское, 2 – Ново-Кузнецовское, 3 – Школьное, 4 – Юго-Восточное, 5 – Контактное; 1 – рыхлые аллювиальные и аллювиально-делювиальные отложения; интрузивные породы: комплекс даек и малых интрузивов средне- и позднеюрского возраста; 2 – плагiogранит-порфиры; 3 – сиенит-порфиры; комплекс пород лейкократовых гранитов и сиенитов позднепалеозойского-раннемезозойского возраста; 4 – сиениты, граносиениты, микроклин-пертитовые граниты и их дайковая фашия; 5 – лейкократовые граниты и их дайковая фашия; комплекс пород гранодиоритовых интрузивов среднего палеозоя: 6 – габбро и габбро-диориты; 7 – гнейсовидные кварцевые диориты и гранодиориты; 8 – аплиты и аплиты-пегматиты; комплекс древних метаморфизованных габброидных пород и амфиболитов нижнего палеозоя: 9 – пироксен-рогообманковое габбро, амфиболитованные габбро и габбро-диабазы; 10 – нерасчлененный комплекс метаморфизованных и гранитизированных габбро, габбро-диоритов, пироксенитов, габбро-диабазов; 11 – амфиболиты, амфиболитованные габбро-диабазы, гранитизированные и инъецированные граносиенитами породы; 12 – золоторудные сульфидно-кварцевые жилы; 13 – контакты пород; 14 – зоны тектонических нарушений и разломов (последние выделены более толстым штрихом)

считать локальными рудоконтролирующими нарушениями (ЛРН). Именно от них на Дарасуне отделяются поперечные (или несколько косо ориентированные) боковые оперяющие сколы и залечивающие их золоторудные жилы и зоны.

В пределах проявленных и названных двух оруденелых тектонических блоков пород между упомянутыми дорудными разломами размещается несколько десятков золоторудных тел жильного типа [12] (рис. 1). Каждый из блоков включает золото-сульфидно-кварцевые жилы преимущественно северо-восточного, а в юго-западном блоке — в нижнепалеозойских амфиболитах — северо-западного и широтного простираний.

Если проследить размещение рудных тел в северо-восточном тектоническом блоке месторождения, то оказывается, что в его пределах развиты четыре ЛРН. Их называют: Главным ограничивающим нарушением, Ново-Кузнецовским, северным флангом Школьного нарушения и Юго-Восточным (рис. 1). Именно от последнего наиболее чётко отделяются рудоносные сколы и залечивающие жилы северо-восточного направления (с севера на юг): Лагуновская, Гурулёвская, Мать, Рабочая, Юго-Восточная, Полиметаллическая. Самым примечательным фактом является почти одинаковое расстояние между соседними жилами. Оно составляет от 50—80 до 100—130 м (рис. 1). Именно указанное расстояние авторы считают возможным понимать на Дарасуне как «шаг размещения» субпараллельных золоторудных жил вдоль нарушений ЛРН. Таким образом, учитывая упомянутый «шаг» и отсчитывая его от последней выявленной жилы, следует вести буровые и горные поисково-разведочные работы, направленные на обнаружение следующего нового рудного тела. Обнаружение их возможно в связи с проявлением других ЛРН: к северу от Лагуновской, Футбольной и Арефьевской жил, к югу от Никандровской и Гизатулинской жил, жилы № 18, Спутник и Широкая (рис 1).

В пределах другого оруденелого, юго-западного тектонического блока геолого-структурная обстановка, сходная с Юго-Восточным, повторяется. Она наблюдается между северо-восточными Школьным, Контактным, южными флангами Ново-Кузнецовского и Контактным нарушениями типа ЛРН, между последним и южным флангом Футбольного ЛРН и к юго-востоку от Школьного (рис. 1). К Школьному ЛРН в шаге размещения примыкают вытягивающиеся на северо-запад золоторудные жильобразные залежи Узур-Малахай, Нагорная Первая и Вторая, жила № 9 и её апофиза, а также жила № 4. На юго-восток от того же ЛРН прослеживаются рудоносные зоны Тектоническая, Поисковая и Лебедевская, а также Разведочная [12]. Здесь «шаг размещения» составляет около 100—130 м. При учёте его возможно обнаружение новых жильных тел к северу от жильной

зоны Нагорной Второй, а также других жил между ЛРН Электрическим и Контактным, Контактным и Школьным, Школьным и южным флангом Футбольного нарушений (рис. 1). Примечательно, что на рассматриваемом участке месторождения рудные тела могут залегать в габбро и габбро-диабазе, датируемых PZ_3 — MZ_1 . Дело в том, что представление об ограничивающей роли «разлома Карбонатных жил» в последние 10—15 лет существенно изменилось: к юго-западу от этого разлома в габбро и габбро-диабазе были установлены жильобразные золотоносные тела (Съёмочное и Галенитовое), которые отделяются от Главного ограничивающего ЛРН. Кстати, между ним и южным флангом Ново-Электрического ЛРН возможно обнаружение новых золотоносных жильных тел, наподобие знаменитых (в своё время) богатых Первой и Пятой Электрических залежей [12] (рис. 1).

Другим не менее представительным примером может служить месторождение Кочкарь в Южно-Уральской золотоносной провинции. Месторождение настолько часто описано в обширной геологической литературе, что ниже будут освещаться только те его особенности, которые в той или иной мере касаются представлений о «шаге размещения» рудных тел.

Месторождение приурочено к западной окраине Пластовского гранит- и гранодиорит-порфирового массива, образовавшегося на границе позднедевонского и раннекаменноугольного времени. Массив развился между парой протяжённых региональных разломов субмеридионального и северо-западного направлений, определивших границы его с запада и юга.

На месторождении выделяют северный, наиболее промышленно-важный, и южный участки. Северный участок в дорудный этап развития был расчлён серией разломов восток—северо-восточного простирания — Покровским, Главным, Центральным, Рождественским с преобладающим падением в южных румбах под углом около 70° . Они располагаются в 0,3—0,5 км один от другого (рис. 2). Разломы сопровождаются образованием многочисленных оперяющих сколов широтного направления, которые чаще падают на север под углом около 60° (хотя имеются сколы и с обратным падением). Густая сеть этих сколов соединяет разломы в единую сеть разрывов. При этом оперяющие сколы размещаются закономерно, проявляясь на расстоянии от 30 до 65—75 м. Думается, что именно этот параметр может быть назван «шагом размещения» оперяющих разрывов, а в случае их залечивания рудами — «шагом размещения» рудных тел. Возникшая густая сеть разрывов в дорудное время была использована дайками лампрофиров пёстрого состава — от габбро, диабазовых и диоритовых порфиров до гранодиорит-порфиров. Даек на месторождении насчитывают более 2 тыс., мощно-

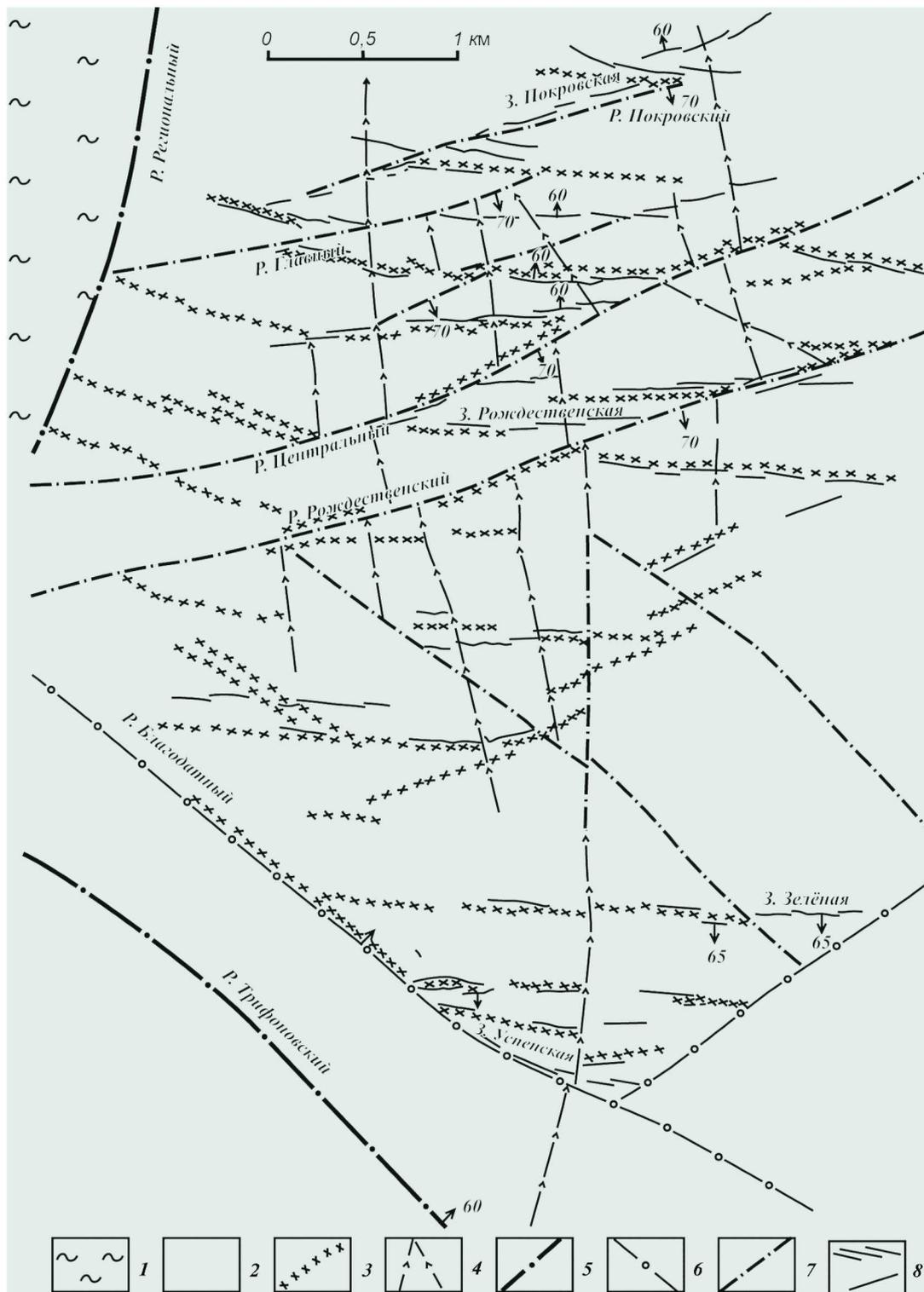


Рис. 2. Геологическая схема месторождения Кочкарь, по [2]; план, Р – основные разломы, З – наиболее протяжённые и промышленно-важные рудоносные жильно-прожилковые зоны, приуроченные к дайкам-табашкам пёстрого состава: Покровская, Рождественская, Зелёная, Успенская; 1 – сланцево-гнейсовая толща; 2 – гранит- и гранодиорит-порфиры (D_3-C_1); 3 – дорудные дайки лампрофиров пёстрого состава; 4 – послерудные дайки лампрофиров; 5 – региональные рудоконтролирующие разломы; 6 – другие менее протяжённые рудоконтролирующие нарушения, в том числе типа ЛРН; 7 – прочие разрывы; 8 – рудоносные жильно-прожилковые зоны, приуроченные к дайкам-табашкам пёстрого состава

стью от нескольких долей м до 20 м (в узлах соединения соседних тел). Дайки образуют чрезвычайно плотную сеть, занимая до 14 % площади массива. Среди них преобладают тела двух направлений: восток—северо-восточного (в зонах основных и попутных разломов) и широтного простираний в оперяющих сколах. Дайки первого из названных направлений, в разломах, прослеживаются на расстоянии до 1,0—1,3 км. Другие, менее протяжённые тела образуют широтную систему (рис. 2). Они представлены как самостоятельными жильными телами, так и многочисленными изогнутыми малопротяжёнными апофизами более выдержанных восток—северо-восточных даек [1, 7]. В до-рудный этап развития зальбанды многих даек и апофиз, а также центральные части некоторых были тектонически нарушены и раздроблены. Гидротермально-изменённая брекчия даек и примыкающих гранитоидов затем оказалась сцементированной золотосодержащим рудно-жильным (умеренно сульфидно-кварцевым) веществом. Гидротермально-изменённые зоны обломочных пород в дайках и примыкающих боковых гранитоидах, а также цементирующие жильные рудные образования бурой и тёмно-бурой окраски (вблизи поверхности) назвали «табашками». Они заключают развиту в жильном веществе, в прожилках и жилах и межжильном пространстве вкрапленность преобладающих золотосодержащих пирита и арсенипирита [9]. Она вместе с собственным высокопробным золотом обнаружена на самых глубоких горизонтах месторождения. Золото представлено преимущественно плёнками, чешуйками, мельчайшими зёрнами и прочими формами. Обычно они ассоциируют с разнообразными минералами висмута, теллура и сульфидами цветных металлов. Содержание золота устойчиво сохраняются на уровне 15—17 г/т на самых глубоких горизонтах месторождения. Возникшие золоторудные тела обладают, по сведениям [2], самой разнообразной формой — от жильной плитообразной до местами прожилковой, ветвящейся, амёбовидной. Наиболее выдержанные из них на северном участке — Покровская прожилково-жильная золотоносная зона прослеживается максимально на протяжении 1200 м в виде разобщённых правосторонне расположенных жил-кулис, хотя на месторождении более часто наблюдаются жильные кулисы левостороннего типа. Все они размещаются, примыкая к рудоносным разломам, которые могут рассматриваться в качестве ЛРН на северном участке месторождения (рис. 2, 3).

В пределах южного фланга месторождения сформировались менее выдержанные дайки и приуроченные к ним золотоносные жильные тела (например, зона Зелёная) преимущественно широтного простирания (рис. 2). Все геологи, изучавшие Кочкарское месторождение, считают, что развитые

в широтных табашках субпараллельные золоторудные тела размещаются на вышеуказанном расстоянии — от 30 до 70 м (рис. 3), т. е. на расстоянии «шага размещения». Он сохраняется, начиная от восточной границы месторождения до западной, на протяжении почти 4 км и местами более. Скорее всего можно считать, что оруденелые широтные табашки по сути развились в зонах боковых рудоносных сколов более выдержанных рудоконтролирующих (и рудоносных) нарушений (ЛРН) восток—северо-восточного простирания (рис. 2, 3).

Таким образом, для Кочкарского месторождения можно отметить следующее.

1. «Шаг размещения» рудных тел обеих трещинных систем (северо-восточной и широтной) сохраняется постоянным на достаточно обширной территории месторождения и не изменяется в пределах сравнительно большого вертикального интервала, начиная от поверхности до глубины 1000 м, и, скорее всего, на более глубоких уровнях.

В период оруденения были оживлены все ранее образовавшиеся разрывы рудовмещающих направлений. Очевидно, разрядка тектонических напряжений происходила повсеместно за счёт существенных перемещений по нарушениям ЛРН восток—северо-восточного простирания. Шаг размещения рудных тел заложился задолго до оруденения за счёт закономерного проявления на примерно равном расстоянии боковых сколов и залечивающих субпараллельных даек, использовавших закономерно проявившуюся сеть оперяющих разрывов. Его необходимо учитывать и применять для поиска новых рудных тел вплоть до самых глубоких горизонтов месторождения.

2. Оживление и развитие руд в зонах наиболее выдержанных ЛРН (восток—северо-восточного простирания) позволяет рассматривать их как наиболее благоприятные объекты прогнозирования. Это следует из учёта их максимальной выдержанности и сравнительно высоких содержаний золота в залечивающих рудных телах.

Здесь необходимо также напомнить, что при поисках руд бурением в случае отсутствия на заданном месте (участке) разыскиваемого рудного тела, это не означает, что оно действительно отсутствует. Вероятно, оно не оказалось установленным на опойсковываемом горизонте (уровне), а верхняя «кромка» его размещается в 50—100 м ниже, и может быть даже глубже указанного уровня.

В частности, на Дарасунском месторождении Д.А.Тимофеевским [12] было составлено много разрезов, которые убедительно показали, что наиболее насыщенным рудными телами оказался вертикальный диапазон глубин от поверхности до 700 м ниже её (рис. 1). Указанная позиция касается и Кочкарского месторождения, Итакинского, Советского и многих других с аналогичной рудно-структурной обстановкой размещения оруденения. По-

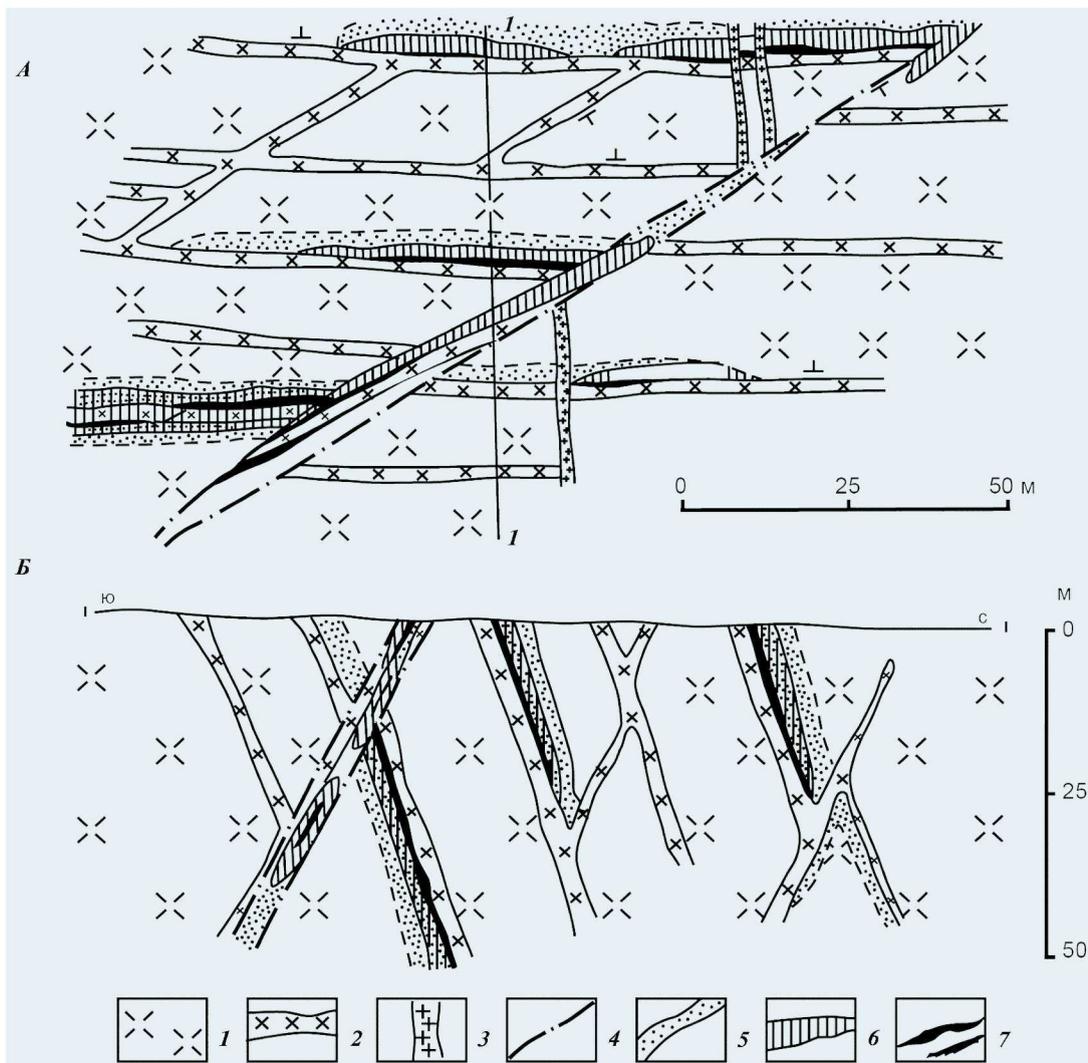


Рис. 3. Месторождение Кочкарь: *А* – геологический план участка месторождения, *Б* – разрез его с юга на север, по [2]; пример проявления субпараллельных, вытягивающихся широтно даек табашек пёстрого состава и приуроченных к ним рудных жил и прожилков, расположенных на расстоянии «шага размещения»: 1 – адалемит-плагииграниты; 2 – дорудные дайки, в том числе табашки пёстрого состава, главным образом лампрофиров; 3 – послерудные дайки лампрофиров; 4 – локальные рудоконтролирующие нарушения типа ЛРН; 5 – зоны березит-лиственитовых метасоматитов; 6 – геохимические ореолы, сопровождающие рудные тела; 7 – рудные тела

этому при отсутствии прогнозируемого тела, его положение должно быть проверено всером буровых скважин в диапазоне не менее 200–400 м глубже оцениваемого уровня. Действительно, на Дарасунском месторождении параллельные рудные тела непрерывно прослеживались от верхней «кромки» до выклинивающегося «хвоста» их в северо-восточном рудоносном блоке в вертикальном диапазоне 500–800 м, а в юго-западном блоке — ещё глубже — до 800–1000 м (рис. 1 и [5, с. 102, рис. 56]).

Иногда кажется, что закономерная повторяемость отделяющихся боковых сколов и приуроченных к ним золоторудных тел и участков богатых руд не находит объяснения. Однако один из лидеров рудно-структурного направления в рудной геологии Е.Ш. Хиллс [13] нашёл ответ на этот вопрос.

Действительно, золоторудные тела на некоторых месторождениях используют серии боковых оперяющих сколов и узлы отделения их от трещинообразующих локальных рудоконтролирующих нарушений (ЛРН). При этом они прослеживаются с постоянной повторяемостью, на одном и том же расстоянии вдоль таких разрывов. Именно это и обуславливает проявление «шага размещения». Е.Ш. Хиллс, помимо многолетнего изучения рудоносных трещинных нарушений, провёл многочисленную серию экспериментов, объясняющих процесс образования разрывов и отделяющихся от них оперяющих боковых сколов. В результате он пришёл к следующему выводу.

Любое достаточно протяжённое трещинное нарушение формируется в зоне сосредотачивающихся максимальных тектонических напряжений в ре-

зультате слияния в этой зоне серии секций, звеньев трещин в единое целое образование. При этом боковые оперяющие сколы появляются в местах, где разрастающееся нарушение и движущийся при этом вдоль него блок пород встречает какой-либо упор. Им могут быть препятствующие движению изгибы нарушения, поперечные разрывы и контакты различных пород, смена ориентировки слоистости на близкую к поперечной, скопления ксенолитов, повторяющиеся и располагающиеся на примерно одном расстоянии (в «шаге размещения»). В однородной среде длина, протяжённость секций нарушений преимущественно составляет 50–200 м. Фланги, концы сочленяющихся секций, звеньев при смыкании перегибаются. При этом многие секции, звенья образуют на фланге вогнутую поверхность. Именно она и представляет упор для разрастающегося и движущегося при этом блока породы (рис. 4). При упоре, как бы при сдерживании движущегося блока, от перегиба нарушения в боковую породу отделяется оперяющий скол. Задерживающееся движение основного блока частью продолжается вдоль скола, частью вдоль основного нарушения — вправо от последнего. Это вызывает появление полостей в основном и боковом нарушениях, а затем залечивание их жильным и рудным веществом. При повторяемости смыкающихся звеньев возникают повторяющиеся на равном расстоянии одно от другого рудные тела, т. е. в «шаге размещения». Указанная закономерность отмечается для многих отечественных золоторудных месторождений глубинного генезиса, что чётко отражено М.М. Константиновым [5]. В частности, подобный «шаг размещения» субпараллельных рудных тел, закономерно расположенных на равном расстоянии одно от другого, изображён на планах и разрезах следующих отечественных месторождений: Советское, Итакинское, Ключевское, Майское, Школьное, Павлик, Маломырское, Салют, Кючус, Нежданинское, на месторождениях Приморского, Аркачанского и Дrajного и других рудных полей, где обнаружена рудно-структурная связка разрывов типа ЛРН и отделяющихся от них серий рудоносных оперяющих сколов.

Как будет показано ниже, рассматриваемая закономерность характерна и для многих близповерхностных месторождений золотосеребряных руд. Примером их на территории нашей страны (в частности, на крайнем Востоке) могут служить Карамкенское, Агинское, Озерновское, Мутновское месторождения, Дукаатское, Джульетта и др.

Кратко изложим рассматриваемую проблему на примере Карамкенского, Агинского (Россия) и Куסיкино (Япония) месторождений.

Карамкенское месторождение расположено на юго-западном фланге Охотско-Чукотского вулкано-генного пояса, в 104 км на север от г. Магадан, почти на берегу Охотского моря. Месторождение

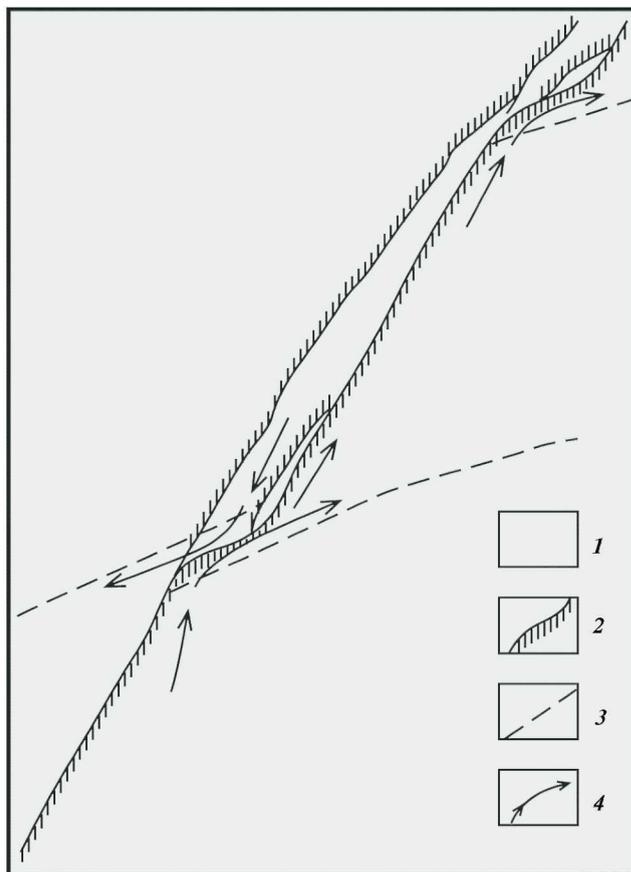


Рис. 4. Схема перемещений и образования трещинных полостей, которые могут залечиться рудным веществом, по [1]; план: 1 — рудовмещающие породы; 2 — блоки пород и трещинные полости, ограниченные стенками дорудных разрывов; 3 — боковые оперяющие сколы; 4 — направления движений блоков пород вдоль стенок разрывов

образовалось вдоль широтного Карамкенского разлома в позднемеловых андезитах и дацитах, а местами в их лавобрекчиях и прорывающих мелких штоках и дайках дацит-риолитовых-порфиров [1]. Карамкенский разлом выполняет роль локального рудоконтролирующего нарушения (рис. 5). От его поверхности на юго-запад отделяется система чередующихся оперяющих сколов. К ним приурочены рудные тела прожилково-жильных близповерхностных золотосеребряных руд. Таких тел (называемых жилами) насчитывается на месторождении не менее семи. Залечиваемые ими боковые рудоносные нарушения плавно отгибаются от тектонической поверхности разлома (впрочем, также и на глубокообразованном Дарасуне). На протяжении первых метров они представлены сомкнутыми дугообразными трещинами с глиной трения. Лишь на удалении 5–8 м от разлома они приобретают юго-западное направление (при крутом падении на юго-восток). Начиная от этой точки в их зонах появляется тектоническая брекчия. Она цементируется обволакивающим их жильным ритмично-полосчатым, сульфидно-кварцевым веществом

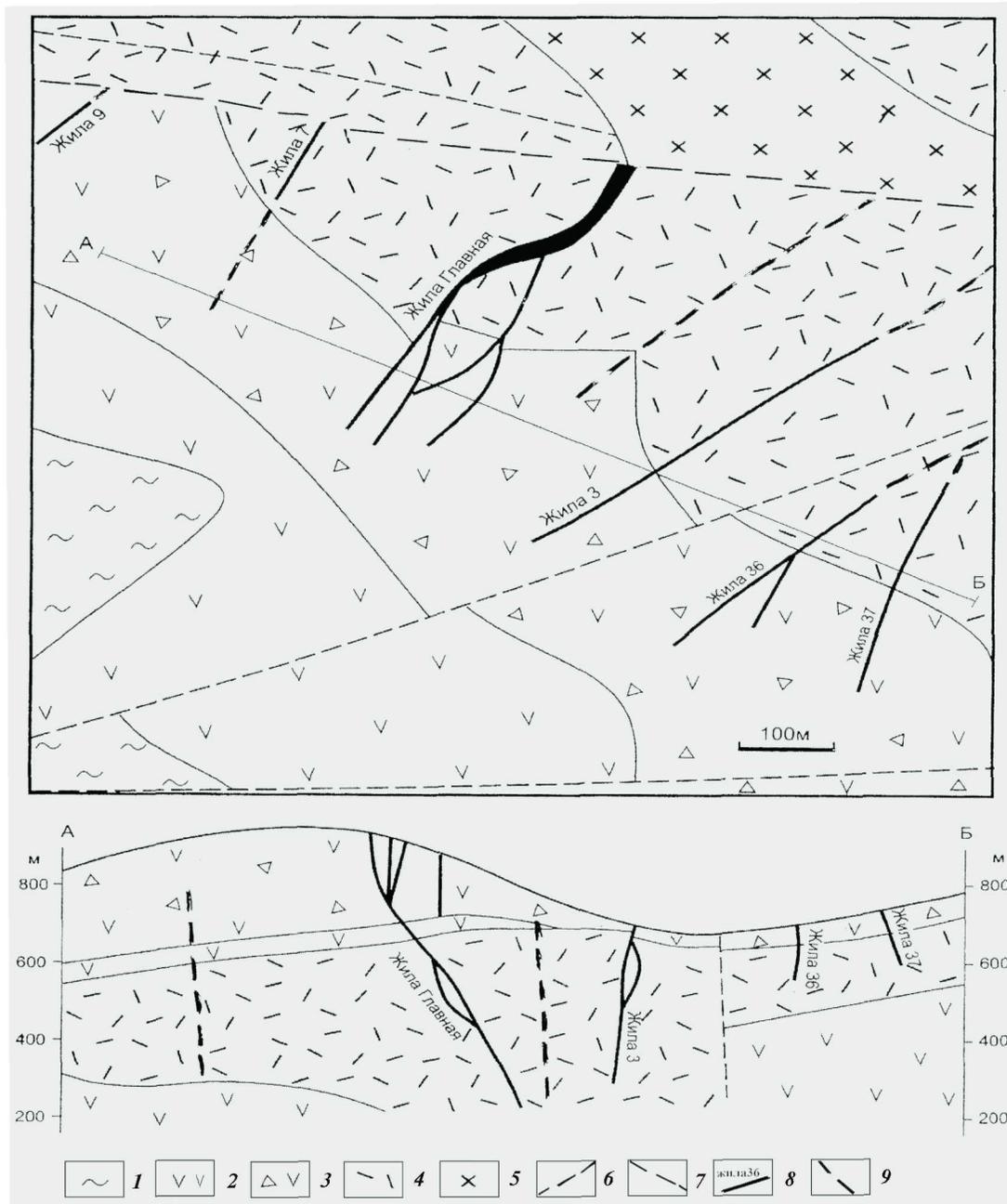


Рис. 5. Геологическая схема месторождения Карамкен (план) и разрез вдоль юго-западного бока Карамкенского разлома [1]; арабскими цифрами поименованы основные жилы и жильные зоны; на схеме чётко виден «шаг размещения» чередующихся рудоносных прожилково-жильных зон; позднемеловые вулканиды: 1 – игнимбриты и туфы риолитов; 2 – раннемеловые туфы риодацитов, андезиты; 3 – раннемеловые лавобрекчии андезитов; 4 – позднемеловые субвулканические дациты, риолиты; 5 – позднемеловые диориты; 6 – разломы; 7 – рудоподводящий Карамкенский разлом; 8 – рудные тела и их обозначения; 9 – предполагаемые слепые рудные тела

с золотосодержащими пиритом и арсенопиритом. Оно также содержит низкопробное золото. Указанные золоторудные тела везде закономерно располагаются вдоль разлома на одинаковом расстоянии в плане одно от другого — от 250 до 400–450 м. В вертикальном интервале западные жилы 9 и 7 располагаются относительно Главной жилы на абсолютных отметках 830–840 м, а восточные жилы 3, 36 и 37 — на высотах 730–740 м (рис. 5 [11]).

Интересно отметить также, что рудовмещающие разрывы и рудные тела образуются в глиноподобных полосах метасоматитов алунит-каолинитового, а глубже — в зонах брекчии кварцевого состава.

Таким образом, как западные, так и восточные жилы, включая Главную с её золоторудным столбом, сформировались в пределах очень короткого вертикального интервала, оценивающегося всего в 100 м (а для западных жил — 130 м). Это подтвер-

дила и проходка выработок Капитальной штольни на горизонтальном уровне около 570 м, которыми была вскрыта лишь нижняя часть («хвост») Карамкенского рудного столба [6]. Проанализированные расстояния между субпараллельными рудными телами авторы считают логичным трактовать как «шаг размещения» рудных тел, образовавшихся вдоль юго-западного бока Карамкенского разлома. Несомненно, что он выполнял роль ЛРН. Из руд месторождения, с содержанием благородного металла от 4 до 16 г/т, получено 38 т золота. По мнению автора, западнее жилы 9, в вертикальном интервале 850–700 м могут быть обнаружены новые слепые рудные тела. На проявление слепого оруденения имеется прямое указание С.Ф. Стружкова ([11], с. 48), для чего достаточно ревизовать имеющиеся материалы Геологической службы рудника.

Не менее интересные данные опубликовал М.М. Константинов ([5], с. 273, рис. 175) по Агинскому месторождению золотосеребряных руд. И.Д. Петренко [8], составивший ряд погоризонтных планов этого месторождения и проанализировавший их М.М. Константинов [5], показали, что Агинский пучок золоторудных тел северо-восточного простирания распространяется как на северо-восток, так и на юго-запад от полосы, скорее всего, сомкнутых (и поэтому слабо развитых и плохо картируемых) поперечных разрывов (рис. 6). Они трассируют перекрытый позднемиоценовыми вулканитами (андезитами, андезитобазальтами) поперечный (северо-западный) Кирганикский разлом. Видимо, подобные разрывы, как следы поперечных нарушений и трещиноватости, проявляются на юго-западных флангах сопутствующих рудных зон Мираж, Кальцитовая, Туманная, Сюрприз и Валери (рис. 5). Отделяющиеся от них рудоносные разрывы и рудные тела (северо-восточного направления) размещаются на расстоянии от 30 до 70 м. Они протягиваются как в главном Агинском рудном пучке, так и в упомянутых пучках Мираж, Валери, Туманный и других на северо-восток от полосы поперечных разрывов и, очевидно, на глубину. Более того, золоторудные столбы с чрезвычайно высоким содержанием золота (несколько килограмм металла в тонне руды), локализованные в основной Агинской зоне и зоне Валери, размещаются исключительно только в узлах ограничения или пересечения упомянутыми поперечными «следами разрывов» рудоносных нарушений северо-восточного простирания. Примером их может служить, Агинский столб или столб № 1, столбы Сюрприз, Валери, Находка, рудное тело Блуждающее и др. (рис. 6). Столбы и рудные тела в пучках размещаются на расстоянии 50–70 м. М.М. Константинов показал [5, с. 276, рис. 176], что на зарисовках всех рудных столбов неотъемлемым структурным элементом их являются оруденелые поперечные зоны дробления. Очевидно, в пределах руд-

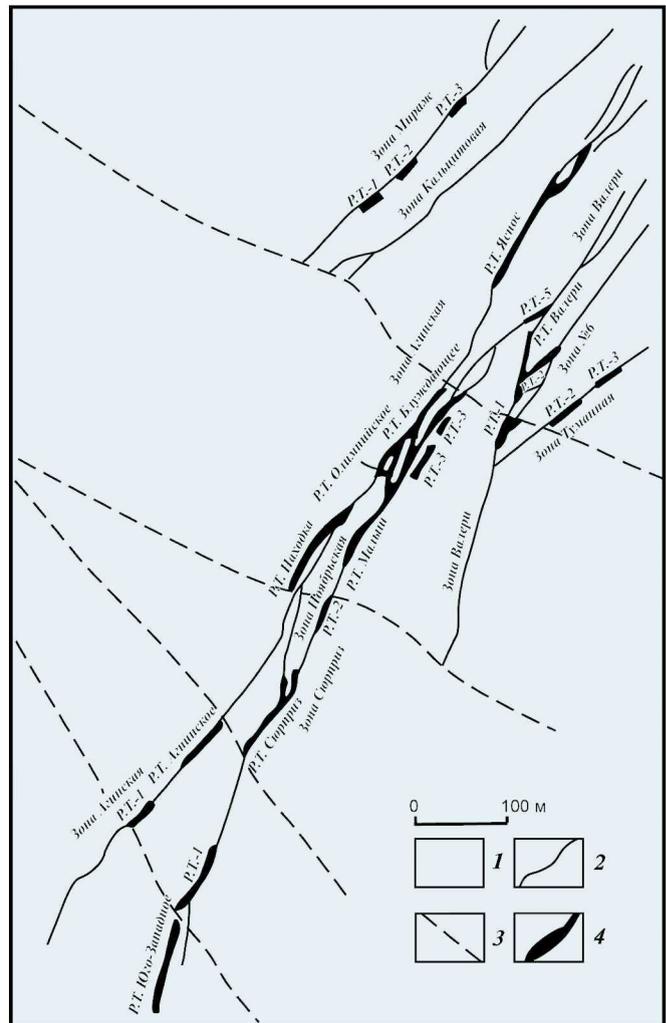


Рис. 6. Размещение золоторудных пучков (рудовмещающих разрывов и рудоносных прожилково-жилных тел) в андезитобазальтах на Агинском месторождении, по [8]; план; 1 – рудовмещающие миоценовые базальты и андезиты; 2 – рудоносные нарушения рудных пучков; 3 – следы скрытых поперечных нарушений и трещиноватости, трассирующие перекрытый вулканитами рудоконтролирующий Кирганикский разлом северо-западного направления; 4 – рудные тела (РТ), включая золоторудные столбы; подписаны названия наиболее важных

ных столбов наиболее чётко проявилась рудо локализирующая и контролирующая роль поперечных разрывов-экранов (рис. 5) — следов проявления крупного Кирганикского, возможно, рудоподводящего разлома [5, с. 273, рис. 174]. Указанное расстояние также может трактоваться как «шаг размещения» субпараллельных рудных тел, проявляющийся вдоль разлома и позволяющий прогнозировать новые слепые рудные тела вдоль него в вулканитах.

Изложенные материалы нашли подтверждение также на ряде зарубежных месторождений золота. «Шаг размещения» субпараллельных рудовмещающих разрывов и рудных тел достаточно достоверно чаще выявляется для месторождений сравнительно глубокого генезиса, образовавшихся в хрупких

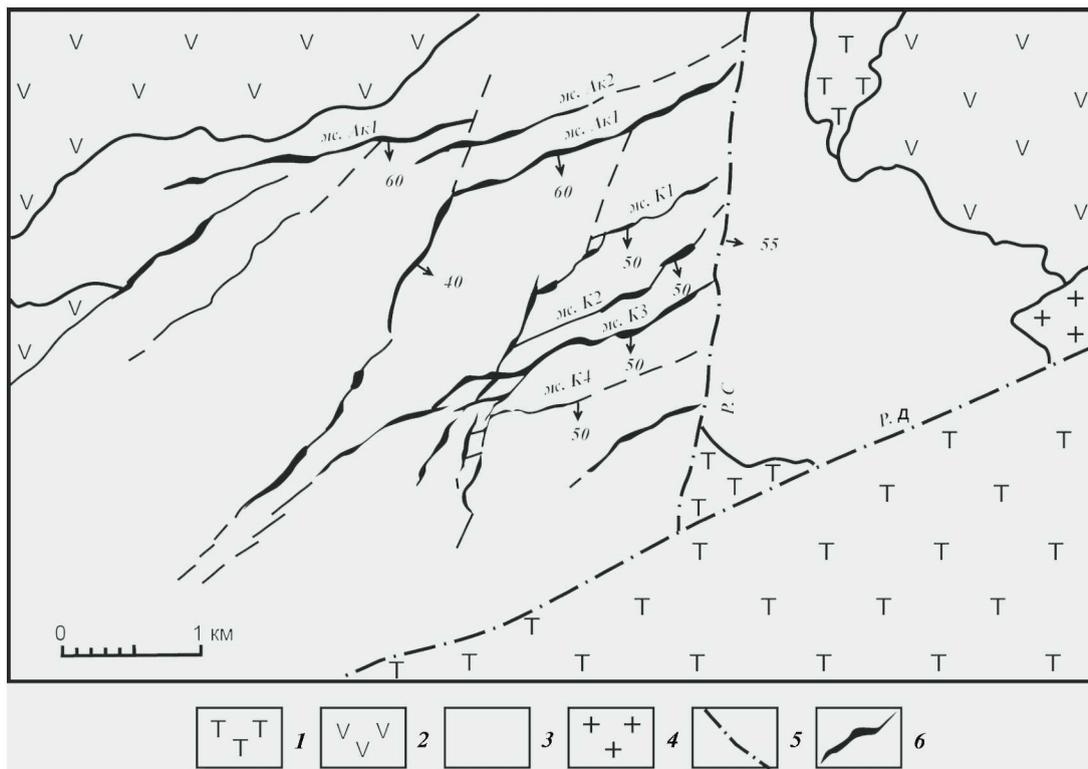


Рис. 7. Геологическая схема месторождения Куסיкино (со снятыми рыхлыми отложениями), по [11]; план: 1 – плейстоценовые спёкшиеся туфы; 2 – плиоценовые андезиты; 3 – миоценовые андезиты, их лавобрекчии и туфы; 4 – малые штоки постмиоценовых кварцевых порфиров; 5 – рудоконтролирующие разломы; С – Серигана, Д – Джотандагава; 6 – рудные жилы золотосеребряных руд с теллуридами благородных металлов (Первая и Вторая жилы Акенобе: ж. Ак 1 и ж. Ак 2, четыре жилы Куסיкино: ж. К1 – ж. К4)

гранитоидных породах, в гнейсах и гранито-гнейсах, в песчаниках и умеренно метаморфизованных сланцах. Для близповерхностных месторождений примером его проявления, как упоминалось, могут служить золотосеребряные объекты Японской островной дуги, многократно освещённые в геологической литературе. Приведём краткое описание только одного из ярких представителей этой вулканотектонической постройки – месторождения Куסיкино [13].

Оно расположено на северо-востоке о. Хоккайдо. Месторождение локализовано в северной и восточной частях миоценовой, скорее всего, купольной вулканотектонической постройки, осложнённой разломом Серигана (рис. 7). Здесь от южного фланга разлома, выполняющего роль рудоконтролирующего нарушения типа ЛРН и ориентированного почти меридионально, в западном направлении последовательно отделяются наиболее чётко картируемые рудовмещающие брекчиевые зоны и залечивающие их золоторудные тела жильного облика. Они называются (с севера на юг) жилами Арукава и Куסיкино №№ 1–4 (рис. 7). Северные наиболее выдержанные жилы Арукава и Куסיкино 1, 2 располагаются на расстоянии 300–600 м, более южные – на расстоянии 100–250 м. Жильные зоны характеризуются золотосульфидно-кварцевым составом. Руды золотосеребряные

с теллуридами благородных металлов. Все они погружаются на юг–юго-восток под углами от 40 до 60°. Авторы полагают, что указанные расстояния могут также трактоваться как «шаг размещения» рудных тел. Полоса рудовмещающих разрывов и рудных тел унаследует два направления древней трещиноватости: сначала, вблизи разлома, жилы прослеживаются на запад–юго-запад не менее чем на 0,5–1,7 км, затем резко перегибаются и, приобретая северо-восточное простирание, вытягиваются на юг–юго-запад (на протяжении 0,5–1 км), после чего возвращаются к прежней ориентировке (рис. 7). Полностью протяжённость каждой из северных жильных зон превышает 4–5 км. В плоскости рудных жил развиты столбы богатых руд, которые склоняются на юго-запад под углами 45–60°. Оруденение и столбы протягиваются непрерывно по падению на глубину до 300–350 м. Таким образом, «шаг размещения», протяжённость оруденения по падению и другие особенности повторяют параметры, характерные для вышеуказанных отечественных месторождений.

Заключение

Изложенный фактический материал настоящей статьи достаточно убедительно свидетельствует о следующем.

1. Как на глубинных, так и на близповерхностных месторождениях золота при проявлении рудно-структурной связки «локальное рудоконтролирующее нарушение (или ЛРН) и отделяющиеся от него (косо- или поперечно-ориентированные) золоторудные тела и рудовмещающие разрывы, закономерно формируются на одинаковом расстоянии. Это расстояние трактуется как «шаг размещения» рудных тел. В плане на большинстве месторождений он составляет от нескольких десятков до 100—250 м. Указанное расстояние, возможно, определяется длиной секций (звеньев) разрастающихся тектонических нарушений (в том числе рудовмещающих) и появлением, согласно представлений Е.Ш. Хиллса, повторяющихся боковых оперяющих сколов на флангах стыкующихся секций (звеньев). При осуществлении такой ситуации в зонах возникающих оперяющих сколов образуются чередующиеся вдоль разрывов типа ЛРН параллельные рудные тела. Они залечивают зоны таких разрывов и перегибы секций на смыкающихся флангах. При этом в вертикальном разрезе на глубинных месторождениях указанный «шаг размещения» фиксируется на глубинах, распространяющихся до уровня 600—1000 м от современной поверхности. Нет нужды подтверждать, что, применяя «шаг размещения», возможно прогнозирование и обнаружение новых рудных тел вдоль и на флангах ЛРН, включая слепые рудные тела. При этом необходимо обратить внимание на то, что отсутствие рудного тела на прогнозируемом уровне не означает его действительного отсутствия, а предполагает проявление их (преимущественно) на нижерасположенных уровнях прогнозирования. Для уточнения положения прогнозируемого рудного тела в разрезе необходимо бурение веера скважин.

Однако на некоторых близповерхностных месторождениях «шаг размещения» рудных тел, в отличие от выше указанного, установлен в вертикальном диапазоне, характеризующимся чрезвычайно малым вертикальным интервалом — от современной поверхности до глубин всего 100—150 м. Вместе с тем локально руды некоторых выявленных золоторудных столбов непрерывно прослеживаются от их верхней «кромки» на глубины до 400—500 м (в «хвосте» столба). Отдельные жилы непрерывно протягиваются на глубины до 700—900 м, например, на месторождении Байа-Сприе (Румыния). Чрезвычайно ограниченный вертикальный размах близповерхностного оруденения и вместе с тем непрерывность богатых руд и некоторых жил наводят на мысль: считать ли этот диапазон единственным уровнем оруденения, в частности, для близповерхностных месторождений, или это лишь верхний рудный ярус общей и более протяжённой «колонны оруденения». Напомним, что она формируется достаточно неглубоко от па-

леоповерхности. Именно, учитывая изложенное, можно предполагать, что руды некоторых разрабатываемых близповерхностных месторождений по сути являются только верхним ярусом более протяжённой в целом «колонны оруденения», проявляющегося как на верхнем, так и, возможно, на более глубоком уровнях. Напомним, что подобная ситуация установлена скважинами на Карамкене (в частности, в 500—700 м глубже нижней границы возможного верхнего яруса оруденения). О вероятной локализации на одном месторождении, т. е. одном рудоносном участке руд, образованных в пределах двух разобщённых (по вертикали) ярусов оруденения и прогнозирование его, высказывал М.М. Константинов [5, с. 329, рис. 208], а ранее другие геологи [3, 10].

Автор в пределах глыбово-складчатых сооружений вулканоплутонических поясов, исходя из наблюдаемых фактов, следующим образом представляет себе одновременное образование руд на двух различных ярусах (уровнях) оруденения.

По-видимому, сначала возникают рудовмещающие разрывы и трещиноватость на глубине 700—1000 м от палеоповерхности, в среде, метасоматически превращённой в карбонатно-кварцевые образования. Последние по сути представляют вторичные кварциты. Тектонически оживляясь и подвергаясь оруденению, на уровне нижнего яруса обособляются руды глубинного облика с высокопробным золотом. В частности, теллуриды из гидротермальных растворов здесь не кристаллизуются. Нижний уровень оруденения, видимо, может прогнозироваться на многих близповерхностных месторождениях золота.

Вверх по разрезу карбонатно-кварцевые образования постепенно сменяются эпидот-карбонатно-кварцевыми, а затем несколько выше и гидрослюдисто-эпидот-корренсит (минерал из группы хлоритов) — кварцевыми. Ещё выше, на уровне верхнего яруса оруденения, примерно в 100—500 м ниже дорудной палеоповерхности, в зоне метасоматитов названного состава появляются преобладающий ещё выше каолинит, а также адуляр, и сохраняются реликтовые скопления хлорита (в том числе корренсита) и гидрослюды. На этом уровне в глиноподобных метасоматических зонах и рассекающих разрывах происходит формирование близповерхностных ритмично-полосчатых руд низкопробного золота, серебра и теллуридов верхнего рудного яруса, охватывающего очень малый вертикальный диапазон (100—150 м, реже до 300 м и более). Под подошвой палеоповерхности рудовмещающие разрывы, отделившиеся от нарушений типа ЛРН, тектонически оживляются в главенствующих каолинитовых зонах.

3. Необходимо упомянуть также о чётко выдвинувшейся в последнее время роли рудоконтролирующих разломов и разрывов типа ЛРН при поис-

ках близповерхностных руд. Действительно, на ряде месторождений всё больше подтверждается главенствующая роль рудоконтролирующих нарушений (разломов и разрывов типа ЛРН), с которыми пространственно увязываются отделяющиеся от них мощные рудоносные зоны экономически-промышленных близповерхностных руд (месторождения Карамкен, Дукаг, Джульетта, Аметистовое, Кубака и Биркачан, Купол, Агинское, Озерновское и др.). Думается, что проявляющиеся вдоль и вблизи зон таких рудоконтролирующих нарушений мелкие одиночные прожилки, гнезда, вкрапленность окисленных рудных минералов несомненно свидетельствуют о двух перспективных геологических обстановках: 1) о проницаемости для гидротермальных растворов примыкающих пород и возможной локализации руд скрытого и слепого типа вблизи нарушений ЛРН; 2) поэтому представляется, что фланги рудоконтролирующих нарушений, накладывающихся на вулканотекто-

нические постройки в нескольких километрах от обнаруженных (и названных) месторождений, должны быть вновь опоискованы или отревизованы, а участки с предпосылками оруденения детально изучены и разбурены.

4. Наконец, видимо, настало время напомнить о том, что близок пик (если уже не пройден) необычайно высокой и стабильной мировой цены на золото (40—45 долл/г, начиная с 2010 г), позволяющий рентабельно вести разведку и поиски некоторых несколько рискованных геологических объектов (например, возможно, весьма перспективных джаспероидных руд тонкого золота в известняках и доломитах на Ольче, слепых рудных тел на Балее, Дарасуне, Кочкаре, Многовершинном месторождениях и др.), а также разработку руд на глубинах около 1000 м и даже более от поверхности на ряде истощённых месторождений, но с сохранившейся инфраструктурой, не требующих новых капитальных вложений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бородаевский Н.И., Черемисин А.А. Критерии прогнозирования жильного оруденения на рудных полях Урала // Тр. ЦНИГРИ. 1983. Вып. 173. С. 13—21.
2. Бородаевский Н.И., Черемисин А.А., Покусаев В.И., Яновский В.М. Кочкарское месторождение. Геология золоторудных месторождений СССР. М., 1984. Т. 1. С. 59—95.
3. Вольфсон Ф.И. Проблемы изучения гидротермальных месторождений. М. Госгеолтехиздат, 1953. 305 с.
4. Вольфсон Ф.И., Некрасов Е.М. Основы образования рудных месторождений. М.: Недра, 1986. 204 с.
5. Золоторудные месторождения России. / Отв. ред. М.М. Константинов. М.: ООО «Акварель», 2010. 349 с. Приложения.
6. Некрасов Е.М. Возможное проявление слепого оруденения на нижних уровнях месторождения Балеи и механизм формирования богатых руд на близповерхностных месторождениях золота и серебра // Изв. вузов. Геология и разведка. 2017. № 5. С. 40—51.
7. Сазонов В.Н., Огородников В.Н., Коротаев В.А., Поленов Ю.А. Месторождения золота Урала. Екатеринбург, 2001. 621 с.
8. Петренко И.Д. Золото-серебряная формация Камчатки. Петропавловск-Камчатский: Изд-во Спб карт. фабрики ВСЕГЕИ, 1999. 116 с.
9. Смолин А.П. Результаты геолого-структурных наблюдений в пределах Кочкарского гранитоидного массива. С. 980—173. // Структурная документация золоторудных месторождений. М.: Недра, 1975. 236 с.
10. Смирнов В.И. Гидротермальные месторождения. С. 234—345. Геология месторождений полезных ископаемых. М.: Недра, 1976. 698 с.
11. Стружков С.Ф., Константинов М.М. Металлогения золота и серебра Охотско-Чукотского вулканогенного пояса. М.: Научный мир, 2005. 320 с.
12. Тимофеевский Д.А. Геология и минералогия Дарасунского золоторудного региона. М.: Недра, 1972. 260 с.
13. Хиллс Е.Ш. Элементы структурной геологии. М.: Недра, 1967. 478 с.
14. Mutsuhisa Y. Oxygen and Carbon Isotope in Gold-bearing Hydrothermal Veins in the Kushikino mining area, Japan // Econ. Geol. 1985. V. 80. N 2. P. 283—293.

REFERENCES

1. Borodaevskiy N. I., Cheremisin A.A. The Criterion of forecast of Lode Ore on the Ore Fields of the Urals. Proc. of CNIGRI, 1983, Issue 173, pp. 13—21. (in Russian)
2. Borodaevskiy N.I., Cheremisin A.A., Pokusayev V.I., Yanovskiy V.M. Kochkarskoe Deposit. *Geology of Gold Deposits of the USSR*. 1984, v. 1, pp. 59—95. (in Russian)
3. Volfson F.I. *Problems of studying of hydrothermal deposits*. M., Gosgeoltekhizdat Publ., 1953, 305 p. (in Russian)
4. Volfson F.I., Nekrasov E.M. *Basics of Formation of Ore Deposits*. M., Nedra Publ., 1986, 204 p. (in Russian)
5. *Gold Deposits of Russia. Appendices*. Ed. by M.M. Konstantinov). M., «Akvarel» (Publ.), 2010. 349 p. (in Russian)
6. Nekrasov E.M. The Possibility of Blind Ore Show on the Lower Level of Balei Deposit and Mechanism of Formation of Rich Ores. *Izvestiya vuzov. Geologiya i razvedka*. 2017, no 1, pp. 40—51. (in Russian)
7. Sazonov V.N., Ogorodnikov V.N., Korotayev V.A., Polenov U.A. *Gold Deposits of the Urals*. Ekaterinburg, 2001, 621 p. (in Russian)
8. Petrenko I.D. *Gold-silver formation on Kamchatka*. Petropavlovsk-Kamchatskiy, Publishing house of map factory of S. Petersburg VSEGEI (Publ.), 1999, 116 p. (in Russian)
9. Smolin A.P. *The Results of Structural Documentation of Gold Deposits*. M., Nedra Publ., 1975, 236 p. (in Russian)
10. Smirnov V.I. *Hydrothermal Deposits. Geology of Mineral Deposits*. M., Nedra Publ., 1976, 698 p. (in Russian)
11. Struzhkov S.F., Konstantinov M.M. Metallogeny of Gold and Silver Ohotsko-Chukchee Volcanic Belt. M., Scientific world (Publ), 2005, 320 p. (in Russian)
12. Timofeyevskiy D.A. *Geology and Mineralogy Golden Region (mining area) of Darasun*. M., Nedra (Publ.), 1972, 260 p. (in Russian)
13. Hills E.S. *Elements of Structural Geology*. M., Nedra Publ., 1967, 478 p. (in Russian)
14. Mutsuhisa Y. Oxygen and Carbon Isotope in Gold-bearing Hydrothermal Veins in the Kushikino mining area, Japan, *Econ. Geol.*, 1985, v. 80, no 2, pp. 283—293.

ГИДРОГЕОЛОГИЯ И ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ

УДК: 550.8.053

**ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СЕНОМАН-АЛЬБСКОГО
ВОДОНОСНОГО ГОРИЗОНТА В МЕЖДУРЕЧЬЕ РЕК ПАЖА И ТОРГОША
(СЕРГИЕВО-ПОСАДСКИЙ РАЙОН МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ)**

Н.В. ФИСУН

*ФГБОУ ВО Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе
23, Миклухо-Маклая ул., г. Москва 117997, Россия
e-mail: Nat.fisun@yandex.ru*

В настоящее время интерес к подземным водам сеноман-альбского горизонта существенно возрос. И связано это главным образом с тем, что многочисленные очаги разгрузки подземных вод являются объектом рекреационной сферы, культовыми местами и активно используются населением в питьевых целях. Рассмотрены геолого-гидрогеологические особенности исследуемого горизонта в междуречье рек Пажа и Торгоша, до сих пор недостаточно изученного. Исследовано формирование ресурсов подземных вод сеноман-альбских и гидравлически с ним связанных вод четвертичных отложений, которые выходят в очагах разгрузки в междуречье рек Пажа и Торгоша. Впервые на фактическом материале построена карта гидроизогипс подземных вод, приведены параметры фильтрационных и ёмкостных свойств сеноман-альбского водоносного горизонта, представлены фактические данные о качестве и солевом составе подземных вод. Отмечены недостаточная изученность этого вопроса, важность дальнейших исследований, необходимость контроля качества подземных вод и регулирования посещаемости источников туристами и местным населением для создания безопасных условий их использования.

Ключевые слова: междуречье; сеноман-альбский водоносный горизонт; очаги разгрузки; область фильтрации; опоки; солевой состав; жесткость.

**HYDROGEOLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE CENOMANIAN-ALBIAN
AQUIFER IN THE INTERFLUVE OF THE RIVERS PAZHA AND TORGOSHA
(SERGIEV POSAD DISTRICT OF THE MOSCOW REGION)**

N. V. FISUN

*Russian State Geological Prospecting University
23, Miklouho-Maklay's street, Moscow 117997, Russia
e-mail: Nat.fisun@yandex.ru*

Currently, an interest in the underground waters of the Cenomanian-Albian horizon has increased significantly. And this is mainly due to the fact that numerous centers of discharge of the groundwater are the object of recreation, places of worship and are actively used by the population for drinking purposes. The geological and hydrogeological features of the studied horizon in the area between the rivers of the Pazha and Torgosha has been reviewed, still poorly understood. We have investigated the formation of the groundwater resources of the Cenomanian-Albian horizon and hydraulically related waters of Quaternary deposits that are the between the rivers of the Pazha and Torgosha. For the first time, based on the actual material, a map of hydroisohypses of the groundwater have been made, the parameters of filtration and capacitive properties of the Cenomanian-Albian horizon have been pointed out, an actual data on the quality and salt composition of the groundwater has been presented. The lack of study of this issue, the importance of further research in this direction, the need of monitoring the quality of groundwater and regulating the attendance of sources by tourists and local people to create safe conditions for their use have been notified.

Keywords: interfluve; the Cenomanian-Albian aquifer; the centers of discharge; filtered; flask; salt composition; stiffness.

Территория исследований расположена на южном склоне Клинско-Дмитровской гряды по правобережью р. Торгоша и левобережью р. Пажа — притоков р. Воря. Гидрогеологические условия верхней части разреза до подошвы верхнеальбских отложений («парамоновских» глин) в течение нескольких десятилетий изучаются в ходе учебной гидрогеологической практики студентов МГРИ-РГГРУ и научно-исследовательских работ на Сергиево-Посадском полигоне.

Район работ, как и Московский регион в целом, обладает обширными ресурсами пресных подземных вод. Они приурочены к трещиноватым коллекторам карбона и широко используются для централизованного питьевого и технического водоснабжения более 100 лет. Это определяет высокую степень геологической и гидрогеологической изученности геолого-гидрогеологического разреза в интервале залегания гидрогеологических подразделений карбона, а также юрских отложений как региональной первой от поверхности земли водопорной кровли [2—4, 6].

Значительно менее изучены подземные воды вышележащей надюрской толщи, имеющие второстепенное значение как источник централизованного водоснабжения в связи с их малой водоотдачей и слабой защищенностью от загрязнения. Некоторое внимание им уделялось в ходе региональных работ в масштабе 1:200000 [6].

Практически единственной работой, в которой дана гидрогеологическая характеристика территории исследований, является учебное пособие С.В. Дроздова [5].

В настоящее время интерес к подземным водам надюрского комплекса, а точнее — к водам сеноман-альбского горизонта, существенно возрос. И связано это главным образом с тем, что многочисленные очаги разгрузки привлекают туристов, паломников и местных жителей.

Интерес к родникам Сергиево-Посадского района обусловлен привлекательным ландшафтом и тем, что в районном центре, Сергиевом-Посаде, находится одна из главных святынь Русского Православия — Троице-Сергиева лавра. В таких условиях подземные воды сеноман-альбского горизонта служат не только источником местного водоснабжения, но и объектом рекреационной сферы, которая формируется здесь как отрасль рыночной специализации.

В задачи исследований, которые выполнялись студентами и сотрудниками кафедры гидрогеологии МГРИ-РГГРУ в 2015—2016 гг., входило уточнение геолого-гидрогеологического строения территории, гидродинамических и гидрогеохимических особенностей первого от поверхности водоносного горизонта, включая сеноман-альбский водоносный горизонт, обследование очагов разгрузки подземных вод и уточнение их

стратиграфической принадлежности, предварительная оценка естественных ресурсов.

Для решения поставленных задач были изучены фондовые материалы, проведены маршрутные обследования водопроявлений с замером дебита и отбором проб на сокращенный химический анализ, опытно-фильтрационные работы, построены карты и разрезы, выполнены необходимые гидродинамические расчеты. Обработка и анализ полученных данных позволили дополнить и скорректировать гидрогеологическую характеристику сеноман-альбского водоносного горизонта, данную в [5].

Меловые отложения характеризуются прерывистым распространением и территориальной разобщенностью площадей развития альб-сеноманских пород. Это позволяет рассматривать поток подземных вод как самостоятельную область фильтрации, ограниченную урезами рек Пажа и Торгоша (рис. 1).

Область фильтрации приурочена к песчаным отложениям сеномана, залегающим под ними мелкозернистым пескам верхов парамоновской свиты альбского яруса, а также водно-ледниковым средне—верхнечетвертичным разнотернистым пескам, включая аллювиальные и аллювиально-озёрные отложения первой и второй надпойменных террас (рис. 2). Обводненные пески сеномана и верхней пачки парамоновской свиты верхнего альба образуют единый сеноман-альбский водоносный горизонт мощностью от 18,8 (в районе полигона) до 24 м, развитый в северо-западной части территории (рис. 1). На остальной части описываемой территории отложения верхнего мела размыты, водно-ледниковые и аллювиальные отложения, повсеместно обрамляя зону развития сеноман-альбского горизонта и слагают террасы древних и современных долин, образуют с ним также гидравлически единый первый от поверхности водоносный горизонт безнапорных и напорно-безнапорных вод, который, следуя стратиграфическому принципу, можно именовать как сеноман-альбский — четвертичный.

По данным опытно-фильтрационных работ на опытном «кусте» скважин гидрогеологической площадки полигона МГРИ-РГГРУ, которым выведены воды сеноман-альбского водоносного горизонта, имеющие здесь свободную поверхность, область фильтрации характеризуется коэффициентами водопроводимости $96 \text{ м}^2/\text{сут.}$, уровнепроводности — $4 \times 10^3 \text{ м}^2/\text{сут.}$, водоотдачи — 0,02. Удельный дебит скважины, достигнутый при откачках, составляет 0,3 л/с. Это подтверждает имеющиеся представления об исследуемом горизонте как слабо водообильном [5]. Отметим, что при выполнении опытно-фильтрационных работ на стадии откачки формируется ложно-стационарный режим, усложняющий их интерпретацию. Факторами формирования этого режима, на наш взгляд, могут

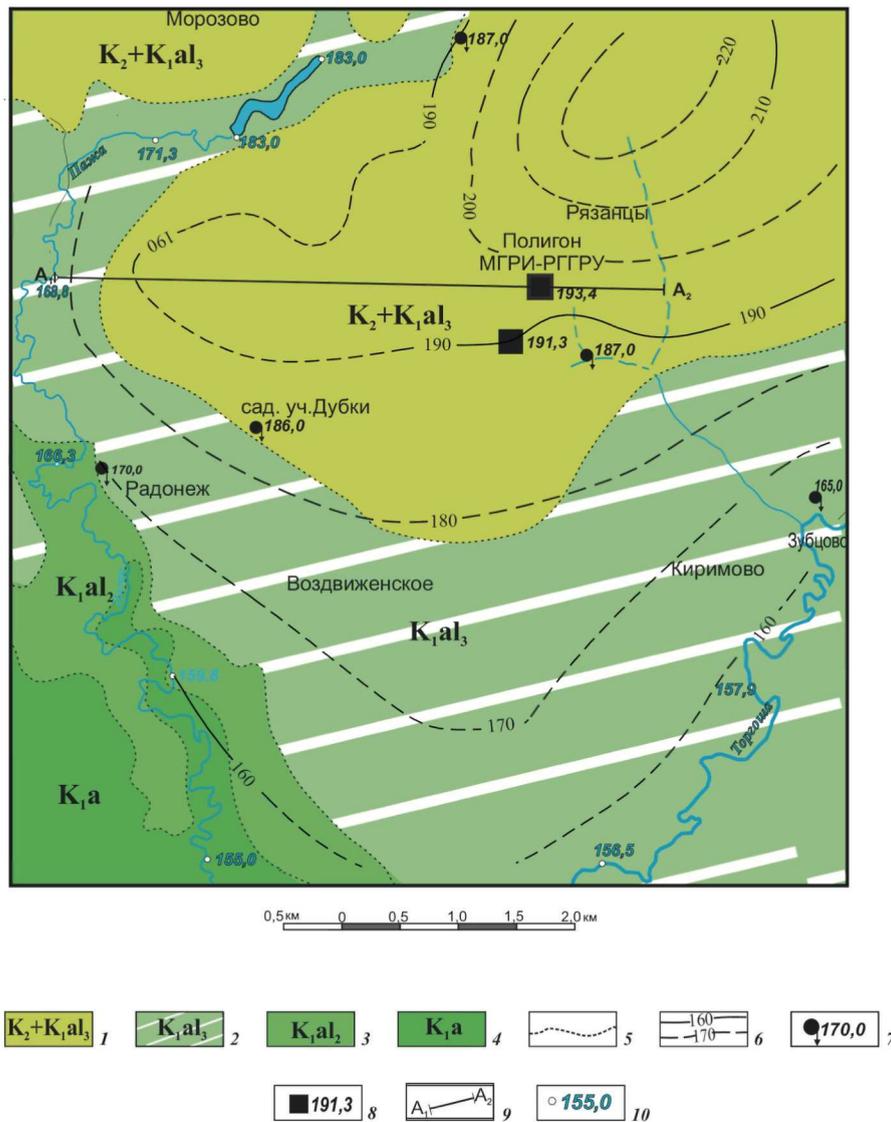


Рис. 1. Схематическая гидрогеологическая карта дочетвертичных отложений междуречья рек Пажа и Торгоша: 1 – водоносный сеноман-альбский горизонт и безводные отложения верхнего мела; 2 – водоупорный верхнеальбский («парамоновский») горизонт; 3 – водоносный среднеальбский горизонт; 4 – водоносный аптский горизонт; 5 – предполагаемые границы распространения гидрогеологических подразделений; 6 – гидрогизогипсы сеноман-альбского водоносного горизонта установленные и предполагаемые, их абсолютные отметки, м; 7 – родник нисходящий и абсолютная отметка его выхода; 8 – «куст» скважин, выводящих воду из сеноман-альбского водоносного горизонта, и абсолютная отметка уровня, м; 9 – линия геолого-гидрогеологического разреза; 10 – абсолютная отметка уровня воды в водотоке, м

быть эффект Болтона, связанный с переформированием капиллярной каймы при снижении уровня в скважине, либо инверсия разгрузки подземных вод в овраг со временным водотоком, расположенный в зоне влияния откачки в 300 м к юго-востоку от центральной скважины. Указанное обстоятельство следует учесть в методике опытных работ при проведении учебной гидрогеологической практики.

Зона аэрации в области развития сеноман-альбских отложений сложена преимущественно опоками и трепелами верхнего мела (сантонский и ту-

рон-коньякский горизонты), глинами и суглинками покровных отложений и морены. Как известно, опока — твёрдая, тонкопористая кремнистая горная порода, богатая (до 97%) аморфным кремнезёмом, с примесью песка и глинистых частиц, обладает высокими сорбционными свойствами. В Сергиево-Посадском районе даже разведаны промышленные залежи опок, которые благодаря высокой адсорбирующей способности используются для очистки от смолистых и некоторых других загрязняющих веществ [1]. Наличие опок мощностью 14—27 м в зоне аэрации альб-сеноманского

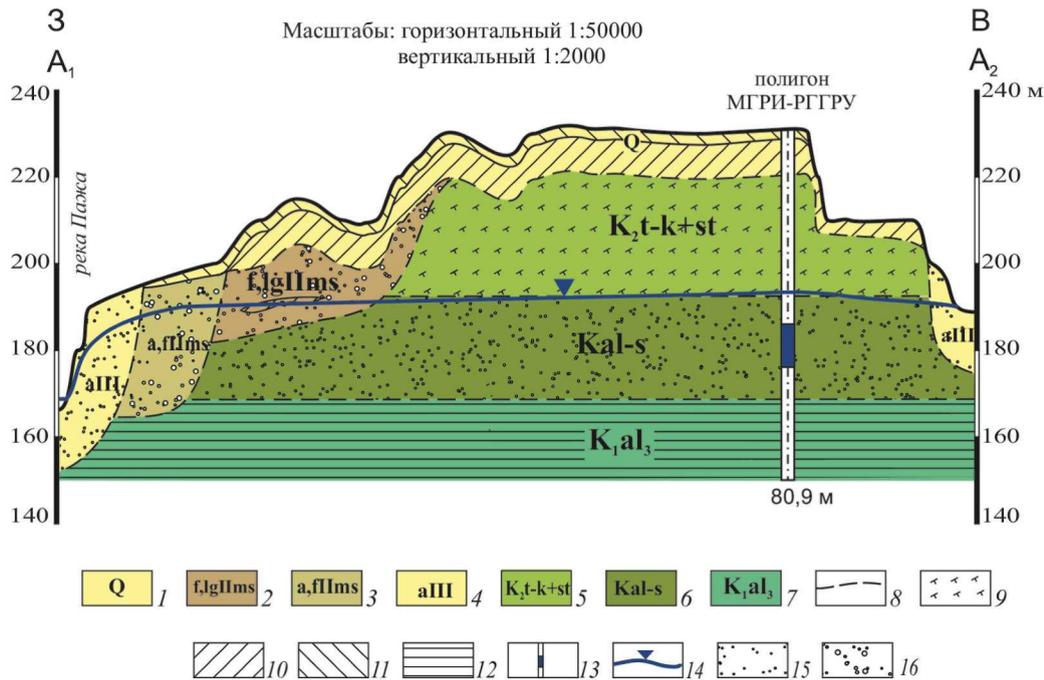


Рис. 2. Схематический гидрогеологический разрез по линии $A_1 - A_2$: 1 – четвертичные отложения нерасчленённые; 2 – водно-ледниковые и озёрные отложения московского оледенения; 3 – аллювиальные и водно-ледниковые отложения московского оледенения; 4 – аллювиальные среднечетвертичные отложения; 5 – турон-коньякские и сангонские отложения; 6 – сеноман-альбские отложения; 7 – верхнеальбские отложения («парамоновские» слои); 8 – стратиграфические границы; 9 – опоки; 10 – моренные суглинки; 11 – покровные суглинки; 12 – глины; 13 – центральная скважина опытного «куста» и интервал её перфорации; 14 – уровень подземных вод сеноман-альбского—четвертичного водоносного горизонта; 15 – пески; 16 – пески с гравием и галькой

горизонта обеспечивает защищенность подземных вод от загрязнения с поверхности.

За пределами границ распространения сеноман-альбских отложений зона аэрации выполнена различными, в основном проницаемыми, отложениями ледникового комплекса (рис. 2), и сеноман-альбский — четвертичный водоносный горизонт можно отнести к категории незащищённых или условно защищённых от загрязнения с поверхности.

Подшовой водоносного горизонта служит повсеместно развитая нижняя глинистая пачка верхнего альба — «парамоновские» глины, образующая региональный водоупорный горизонт. Глины плотные, местами переходящие в алевроиты, с мелкими линзами песка. Мощность глинистой пачки в полных разрезах до 40—42 м. В долинах рек мощность глин существенно сокращается за счёт эрозионно-го размыва.

В орографическом плане область развития сеноман-альбских отложений расположена на широком плоском водоразделе, что является благоприятным условием для инфильтрации атмосферных осадков. Несмотря на слабую проницаемость пород зоны аэрации, затрудняющих инфильтрационное питание, суглинки и опоки, обладающие высокой влагоёмкостью (до 50—60%), способны

впитывать и удерживать значительное количество атмосферных осадков. Благодаря большой регулирующей ёмкости они имеют важное значение как источник питания альб-сеноманского водоносного горизонта.

Карта гидроизогипс сеноман-альбского—четвертичного водоносного горизонта (рис. 1), построенная нами по ограниченному фактическим данным и поэтому представленная как схематическая, свидетельствует о существовании плано-радиального потока, направленного с северо-востока от подземного водораздела к урезам рек с градиентами, изменяющимися в широких пределах — от 0,001 до 0,017, что определяется удаленностью подземного водораздела от дренирующего водотока. Гидравлический характер потока в основном безнапорный. На некоторых участках, где поверхность подземных вод устанавливается выше подошвы турон-коньякских опок, может формироваться местный напор высотой 1—5 м. Глубина залегания уровня подземных вод составляет от нескольких до 40 м.

Поток подземных вод сеноман-альбского—четвертичного водоносного горизонта разгружается родниковым стоком, дренируется речной и овражно-балочной сетью. В 2016 г. было обследовано пять родников: в 740 м к юго-востоку от полигона,

у населённых пунктов Зубцово, Морозово, Дубки (родник Иконы Казанской Божьей матери), Радонеж (Святой источник Преподобного Сергия Радонежского). Все родники у населённых пунктов освящены церковью, оборудованы для массового посещения. В Радонеже и Дубках за счёт родникового стока устроены купели. Стратиграфическая принадлежность сеноман-альбскому горизонту установлена для родников в Дубках и вблизи полигона по выносу кварц-глауконитового песка. Остальные родники расположены в области развития четвертичных отложений.

Дебиты родников изменяются от 0,1 л/с (Дубки) до 1,4 л/с (Радонеж), температура воды от 6°С (Зубцово) до 12°С (Радонеж). Местным населением для питьевых целей при помощи накопительных ёмкостей активно используются воды родника у дер. Зубцово с 19 в., что установлено по опросам местных жителей.

Выходы всех обследованных родников приурочены к эрозионным врезам рельефа.

Качество подземных вод исследовано на полигоне в процессе откачки и характеризует собственно сеноман-альбский водоносный горизонт. Подземные воды здесь пресные, умеренно жесткие (жесткость составляет 5,5°Ж), гидрокарбонатные магниевые-кальциевые, с нейтральной реакцией среды. Характеризуются повышенным содержанием натрия (до 11 %-экв).

Качество подземных вод в обследованных очагах разгрузки по данным полевого анализа, выполненного МГРИ-РГГРУ, характеризуется низкой жёсткостью (1,8—4,8°Ж), повышенным содержанием натрия (19—54%-экв) и хлоридов (до 26—49 %-экв). Их минерализация составляет:

родник Иконы Казанской Божьей матери (Дубки) — 0,7 г/л;

родник Преподобного Сергия Радонежского (село Радонеж) 0,4 г/л;

родник «Отличный» (дер. Зубцово) 0,3 г/л.

Различия в жёсткости и солевом составе подземных вод из скважины и родников могут быть обусловлены такими факторами, как загрязнение подземных вод в очагах разгрузки и вынос натрия из поглощённого комплекса трепелов и опок. Оце-

нить факт и степень загрязнения не представляется возможным, поскольку результаты обследования родников в Сергиево-Посадском районе территориальным отделом Роспотребнадзора содержат информацию по микробиологическим и обобщенным показателям, а данные о солевом составе отсутствуют. Обследования Роспотребнадзора в 2007—2015 гг. родников с. Радонеж, дер. Зубцово показали, что качество воды хорошее, по жёсткости воды классифицируются, как мягкие.

Вопрос о том, насколько могли повлиять на солевой состав в части повышенных и высоких концентраций солей натрия процессы растворения и выноса из поглощенного комплекса опок и трепелов, пока остается открытым и требует дальнейшего исследования.

Выводы

1. Особенности геолого-гидрогеологического строения междуречья рек Пажа и Торгоша в зоне дренирования местной эрозионной сетью обуславливают формирование выдержанного гидравлически единого первого от поверхности сеноман-альбского—четвертичного водоносного горизонта и ограниченность его водных ресурсов.

2. Сложившийся опыт эксплуатации подземных вод в очагах разгрузки позволяет оценить перспективы их использования в качестве объектов рекреационной сферы как благоприятные.

3. В зоне развития отложений верхнего мела надежная защищённость сеноман-альбского—четвертичного водоносного горизонта обеспечивается литологическим строением зоны аэрации. За пределами этой зоны водоносный горизонт является уязвимым для загрязнения с поверхности и требует особой охраны, регулирования и контроля их использования для питьевых целей специализированными организациями.

4. Геолого-гидрогеологическая изученность междуречья рек Пажа и Торгоша остается невысокой, особенно в вопросах формирования качества и солевого состава подземных вод, что определяет дальнейшую направленность гидрогеологических исследований этой территории.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ассонов В.В. Хотьковские опокы // Известия главного геологоразведочного управления. 1931. Вып. 57. С. 43—48.
2. Гидрогеология СССР. Том 1. Московская и смежные области / Под ред. Д.С. Соколова. М.: Недра, 1966. 423 с.
3. Галицкая И.В., Жигалин А.Д., Костикова И.А. и др. Закономерности формирования гидрогеохимических и радиационных условий на территории северо-восточной части Сергиево-Посадского района // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. 2010. № 5. С. 399—409.
4. Добров С.А. Геологическое строение, полезные ископаемые, подземные воды Загорского и Константиновского районов Московской области // Труды Московского районного геологоразведочного управления. Серия 1. Геология. 1932. Вып. 3. С. 1. 5—19.
5. Дроздов С.В. Геологическое строение и подземные воды района Загорского учебного полигона МГРИ. М.: МГРИ, 1966. 35 с.
6. Друцкой С.В., Осипов С.А., Щербаков В.Л. и др. Отчет о геологическом, гидрогеологическом доизучении масштаба 1:200000 с инженерно-геологическими и экологическими исследованиями территории листа О-37-XXXIII (Сергиево-Посадский участок). М.: МНПЦ «Геопентр-Москва», 1999. 551 с.

REFERENCES

1. Assonov V.V. Hot'kovskie flasks. *News of the main geological Department*, 1931, issue 57, pp. 43–48. (In Russian).
2. *Hydrogeology of the USSR*. Volume 1. Moscow and adjacent areas. Editor Sokolov D.S. M., Nedra Publ, 1966, 423 p. (In Russian).
3. Galickaya I.V., Zhigalin A.D., Kostikova I.A. et al. *Regularities of formation of hydrogeochemical and radiation conditions in the North-Eastern part of Sergiev Posad district*. *Geocology journal*, 2010, no 5, pp. 399–409. (In Russian).
4. Dobrov S.A. Geological structure, minerals, underground waters of Zagorsky and Konstantinovsky districts of the Moscow region. *Proceedings of the Moscow regional exploration Department. Series 1. Geology*, 1932, no 3, pp. 15–19. (In Russian).
5. Drozdov S.V. *Geology and groundwater of the Zagorsk training ground MGRI*. M., MGRI, 1965, 35 p. (In Russian).
6. Druckoj S.V., Osipov S.A., Shcherbakov V.L. et al. *Report on geological, hydrogeological additional studies of scale 1:200000 with engineering-geological and environmental studies of the territory of the sheet O-37-XXXIII (Sergiev Posad plot)*. M., MNPC «Geocentr-Moskva» Publ, 1999, 551 p. (In Russian).

УДК 518:556.33.04

МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ОПЫТНЫХ ВЫПУСКОВ ИЗ СЛОИСТЫХ ВОДОНОСНЫХ ТОЛЩ С ПЕРЕТЕКАНИЕМ

М.М. БУРАКОВ

ТОО НППФ «КазГИДЭК»

оф. 506, 43а, Мынбаева ул., г. Алматы 050008, Республика Казахстан
e-mail: michael.burakov@gmail.com

Разработаны методические аспекты обработки и интерпретации результатов опытно-фильтрационного опробования слоистой толщи опытным выпуском. Определение фильтрационных и ёмкостных параметров опробуемого напорного водоносного горизонта предлагается на основе авторского метода по результатам прослеживания приведенного понижения пьезометрического уровня подземных вод в скважинах опытного куста на начальном этапе выпуска. Предложены методы интерпретации опытных данных второго и третьего этапов выпуска для вычисления параметров перетекания.

Ключевые слова: опытные выпуски; слоистые водоносные системы с перетеканием; гидрогеологические параметры.

METHODS OF THE DETERMINATION OF THE HYDROGEOLOGICAL PARAMETERS ON THE RESULTS OF THE EXPERIMENTAL CONSTANT-RATE PUMPING TESTS FROM THE LAYERED AQUIFERS WITH OVERFLOW

M.M. BURAKOV

LP RPDC «KazGIDEK»

of. 506, 43a, Mynbaeva ul., Almaty 050008, The Republic of Kazakhstan
e-mail: michael.burakov@gmail.com

The methodical aspects of the processing and interpreting the results of the experimental filtration tests of the layered strata by the constant-rate pumping tests have been developed. Determination of the filtration and volumetric characteristics of the tested pressure aquifer has been proposed on the basis of the author's method based on the results of tracking the drawdown of the piezometric level of the groundwater in the wells of the experimental cluster at the initial stage of the pumping. Methods for interpreting the experimental data of the second and third stages of the constant-rate pumping test for the calculation of the flow parameters have been proposed.

Keywords: experimental constant-rate pumping tests; layered aquifers with overflow; hydrogeological parameters.

Из литературы известно много примеров учёта перетекания подземных вод (ПВ) из смежных водоносных горизонтов слоистых толщ при оценках эксплуатационных запасов месторождений ПВ артезианских бассейнов различного порядка. Достоверность таких оценок целиком определя-

ется двумя основными факторами — соответствием расчётной схемы природным условиям и достоверностью устанавливаемых фильтрационных и ёмкостных параметров основного и смежного водоносных горизонтов и параметров перетекания.

В работах [4, 6, 7, 9–11, 13–15, 17–22] приведена достаточно подробная сводка современных физико-математических представлений о движении ПВ в слоистых системах с учётом взаимодействия смежных водоносных горизонтов через слабопроницаемые разделяющие толщи. Как следует из неё, теоретически эта проблема исследована достаточно полно. Вместе с тем и сейчас ещё очевидно необходима разработка методов интерпретации результатов опытно-фильтрационного опробования (ОФО) слоистых толщ с перетеканием, в том числе для ОФО выпусками (т. е. откачками с постоянным понижением уровня ПВ в возмущающих скважинах). Возможность и методы обработки и интерпретации такого ОФО в специальной литературе не рассматривались.

Как известно, при проведении ОФО для определения параметров слабопроницаемых разделяющих отложений используются обычно данные о снижении уровня ПВ в опробуемом водоносном горизонте; при возмущении одного из водоносных горизонтов слоистой толщи реагирует вся система (рис. 1). Уравнение упругого режима фильтрации в напорном горизонте, из которого производится откачка (выпуск), имеет вид:

$$T \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial H(r, t)}{\partial r} \right) + v_z = \mu^* \frac{\partial H(r, t)}{\partial t}, \quad (1)$$

$$T = Km, \mu^* = \frac{T}{\chi}.$$

Здесь v_z — скорость фильтрации ПВ в разделяющем слабопроницаемом слое; $H(r, t)$ — напор в опробуемом горизонте на расстоянии r от оси возмущающей скважины в момент времени t от начала возмущения; T и μ^* , K и m , χ — соответственно водопроницаемость и упругая ёмкость, коэффициент фильтрации и мощность, пьезопроводность опробуемого горизонта¹.

Реакция в смежном водоносном горизонте может проявляться двояко: 1) на протяжении возмущения снижение напора в смежном горизонте не фиксируется; 2) в процессе возмущения наблюдается снижение напора в смежном горизонте. При этом в большинстве случаев режим фильтрации в разделяющих слабопроницаемых слоях принимается жестким, так что вертикальная (вдоль оси z) скорость фильтрации в этих слоях определяется выражением:

$$v_z = k_z \frac{H - H_1}{m_0}. \quad (2)$$

Здесь $H_1(r, t)$ — напор на расстоянии r от оси возмущающей скважины в смежном с опробуемым горизонте; k_z и m_0 — соответственно коэффициент фильтрации и мощность разделяющего слабопроницаемого слоя. Остальные обозначения прежние.

Уравнение (1) с учетом (2) обычно записывается в виде:

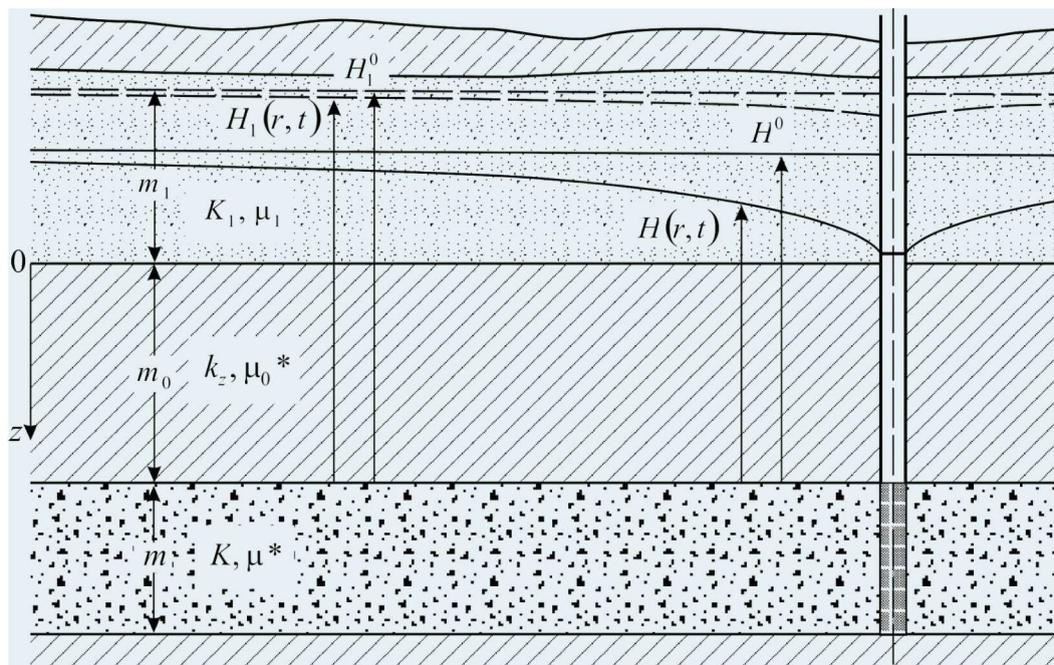


Рис. 1. Принципиальная схема взаимодействия водоносных горизонтов через разделяющие слабо проницаемые отложения

¹ В настоящей работе используется терминология из [16].

$$\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial H}{\partial r} \right) + b_2 (H - H_1) = \frac{1}{\chi} \frac{\partial H}{\partial t}, \quad (3)$$

$$b = \sqrt{\frac{k_z}{m_0 T_2}},$$

где b — коэффициент перетекания². Остальные обозначения прежние.

В свою очередь первая расчетная схема фильтрации ПВ в слоистой толще с перетеканием, подразделяется еще на две: 1а) без стабилизации пьезометрического уровня в опробуемом горизонте на протяжении всего ОФО слоистой толщи и 1б) со стабилизацией пьезометрического уровня на конечном этапе возмущения [2, 6, 7, 9–11, 14, 15, 18, 19]. Очевидно, что с возрастанием продолжительности выпуска схема 1а переходит в 1б вследствие возрастания доли перетекающих из смежных горизонтов ПВ в дебите возмущения. С момента времени от начала возмущения, когда его дебит целиком определяется дебитом перетока, пьезометрический уровень в опробуемом водоносном горизонте стабилизируется.

Для оценки фильтрационных параметров напорного аллювиально-пролювиального средне-четвертичного водоносного комплекса (его нижнего горизонта) и параметров перетекания из смежных горизонтов на участке водозабора в пределах Боролдайского месторождения ПВ в окрестностях г. Алматы проведён опытный кустовой выпуск продолжительностью 96 ч. Опытный куст образован возмущающей (центральной) скважиной № 3362 и одной наблюдательной скважиной № 3363, расположенной на расстоянии $r_1 = 42,0$ м от центральной. Выпуск выполнялся по стандартной методике под обработку опытных данных графоаналитическим методом при постоянном понижении пьезометрического уровня в возмущающей скважине, равном разности измеренных глубин от верхней кромки водоприемной части погружного насоса (124,0 м) и до статического уровня ПВ (37,50 м), 86,50 м. При этом на графике прослеживания изменения дебита возмущения (рис. 2) достаточно отчётливо выделяется не менее трёх (обозначенных на рис. 2 арабскими цифрами от 2 до 4) характерных участков. На протяжении каждого из двух первых таких участков дебит откачки закономерно

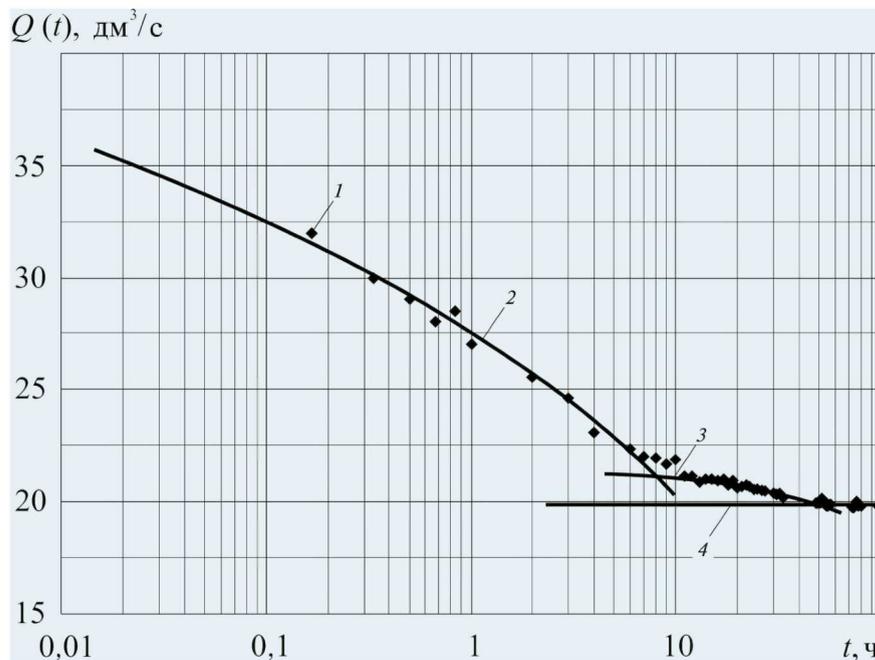


Рис. 2. Индикаторный график прослеживания дебита выпуска: 1 — опытные точки; 2–4 — кривые, аппроксимирующие характерные участки изменения дебита возмущения

² В одной из исходных статей М.С. Хантуша (*M.S. Haniush*) [18], в которой дано теоретическое обоснование схем фильтрации с перетеканием через разделяющие слабопроницаемые отложения и решения задачи о притоке ПВ к скважине в слоистой водоносной системе, если судить по переводу этой статьи в [12], параметр $B = \frac{1}{b}$ обозначается как *фактор перетекания*; эта величина используется в зарубежной литературе повсеместно [4, 18–22]. В отечественной методической литературе в качестве меры интенсивности перетока ПВ через слабопроницаемые разделяющие толщи часто используется *коэффициент перетекания*, определяемый вторым уравнением в (3). Очевидно, что смешивание этих понятий, как и терминов, используемых для их обозначения, принципиально недопустимо.

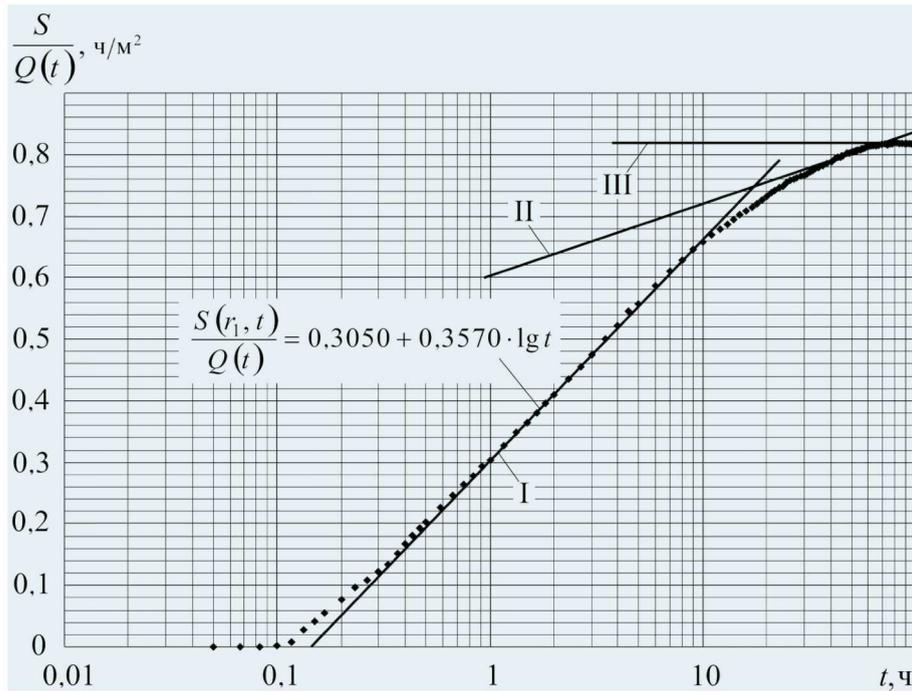


Рис. 3. Индикаторный график прослеживания приведённого понижения уровня в наблюдательной скважине № 3363 опытного куста при выпуске: I—III — расчётные асимптотические участки

уменьшался по зависимости, характерной для выпусков. На завершающем участке дебит полностью стабилизировался.

В соответствии с современными представлениями [2, 8, 15] понижения уровня ПВ в возмущающих и наблюдательных скважинах опытных кустов при выпусках приводятся к переменному дебиту каждого возмущения. На рис. 3 представлена такая индикаторная кривая временного прослеживания приведённого понижения пьезометрического уровня ПВ в наблюдательной скважине № 3363 опытного куста в координатах $\frac{S}{Q(t)}(\lg t)$, где $Q(t)$ — переменный дебит выпуска; $S(r, t) = H^0 - H(r, t)$ — понижение пьезометрического уровня ПВ на расстоянии r от оси возмущающей скважины в момент времени t от начала выпуска; H^0 — пьезометрический напор в водоносном горизонте до начала его возмущения.

На графике прослеживания (рис. 3) отчётливо фиксируются перегибы, соответствующие началу перетока ПВ из смежных частей среднечетвертичного водоносного комплекса через слабопроницаемые прослои и стабилизации пьезометрического уровня на завершающем этапе выпуска. Таких перегибов зафиксировано два, а характерных прямых асимптотических участков — три (на рис. 3 они обозначены I—III). При этом в соответствии с теоретическими представлениями из [2, 15] предполагается, что на участке графика прослеживания, отвечающего первому этапу возмущения (I на рис. 3), не отражается влияние перетекания.

Второй, выположенный, асимптотический участок (II на рис. 3) характеризует второй этап возмущения, при котором в опробуемый водоносный горизонт начинает поступать вода из смежного горизонта (этот участок отвечает схеме фильтрации 1а). Завершается второй этап и начинается следующий, третий, в тот момент, когда величина перетока сравнивается с дебитом возмущения. Как следствие этого депрессионная воронка в опробуемом горизонте и дебит возмущения стабилизируются. Этот асимптотический участок (III на рис. 3) очевидно, отвечает расчётной схеме фильтрации 1б.

Таким образом, первый (I) асимптотический участок индикаторного графика прослеживания приведённого понижения уровня ПВ в наблюдательной скважине № 3363 характеризует первый этап возмущения. Именно он должен обеспечить вычисление действительных значений водопроницаемости T , пьезопроводности χ и упругой ёмкости m^* .

Как известно, основой графоаналитического метода обработки опытных данных прослеживания приведённого понижения пьезометрического уровня ПВ при выпуске выступает логарифмическая аппроксимация точного решения вида [2—4, 13, 15]

$$\frac{S(r, t)}{Q(t)} = \frac{1}{4\pi T} \ln \frac{2,25\chi t}{r^2} \text{ или} \tag{4}$$

$$\frac{S(r, t)}{Q(t)} = \frac{0,183}{T} \lg \frac{2,25\chi t}{r^2} + \frac{0,183}{T} \lg t = A + C \lg t.$$

Здесь C — угловой коэффициент асимптотической прямой на индикаторном графике временного прослеживания приведённого понижения уровня ПВ в возмущающей или наблюдательной скважине опытного куста; A — начальная ордината этой асимптоты для наблюдательной скважины, отсекаемая на оси $\frac{S}{Q(t)}$ при $\lg t_0 = 0$. Остальные обозначения прежние.

При снятых с первой асимптотической прямой индикаторного графика значениях $\frac{S(r_1, t_2)}{Q(t_2)} = 1,0190 \text{ ч/м}^2$ (при $t_2 = 100 \text{ ч}$), $\frac{S(r_1, t_1)}{Q(t_1)} = 0,6620 \text{ ч/м}^2$

(при $t_1 = 10 \text{ ч}$) и $A = 0,3050 \text{ ч/м}^2$ получаем, что расчётное значение водопродности составляет $T = 0,513 \text{ м}^2/\text{ч}$ (или $12,303 \text{ м}^2/\text{сут.}$), а пьезопроводности — $\chi = 5,613 \cdot 10^3 \text{ м}^2/\text{ч}$ (или $1,347 \cdot 10^5 \text{ м}^2/\text{сут.}$).

Вычисленная величина пьезопроводности позволяет установить, что согласно критерию [2, 3, 15]:

$$500 \frac{r_j^2}{\chi} \leq t_K,$$

где t_K — контрольное время, по истечении которого аппроксимация (4) обеспечивает вычисления понижения уровня ПВ с относительной погрешностью, не превышающей 5 %; j — номер скважины опытного куста, $j = 1, 2, 3, \dots, n$; n — число наблюдательных скважин в кусте; значение $j = 0$ отвечает возмущающей скважине, рассчитанное значение критического времени составляет $t_{K_i} \geq 6,53 \text{ сут.}$, или $t_{K_i} \geq 156,8 \text{ ч}$. Соответственно использование асимптотического представления точного решения вида (4) может применяться только для моментов времени за пределами реального возмущения, составившего, как уже отмечалось ранее, $T = 96,0 \text{ ч}$ (или $T = 4,00 \text{ сут.}$).

Таким образом, уже на первом этапе обработки и интерпретации результатов прослеживания приведённого понижения пьезометрического уровня ПВ при опытном выпуске получен неоднозначно трактуемый результат — на индикаторном графике прослеживания вполне уверенно выделена расчетная прямолинейная асимптота, однако вычисление параметров водоносного горизонта на основе параметров этой асимптоты не допускается условиями применения исходного метода.

Решение этой проблемы обеспечивает предложенный в [9] автором метод обработки и интерпретации результатов прослеживания приведенного понижения уровня ПВ при опытном выпуске. Этот метод, базирующийся на приближенном решении вида [5, 8, 9]

$$S(r, t) = \frac{Q(t)}{2\pi T} \left[\ln \frac{l(t)}{r} - 1 + \frac{r}{l(t)} \right],$$

$$Q(t) = \frac{S_0}{\left[\ln \frac{l(t)}{r_0} - 1 + \frac{r_0}{l(t)} \right]}, \quad l^2(t) = 12\chi t.$$

($l(t)$ — длина условной области влияния возмущения, все остальные обозначения прежние), полученном на основе метода интегральных соотношений Г.И. Баренблатта [1], позволяет использовать опытные данные прослеживания уровня ПВ для существенно меньших величин критического времени t_K .

Алгоритм вычислений водопродности T и пьезопроводности χ водоносного горизонта с использованием электронной таблицы MS Excel подробно изложен в [9]. Здесь на рис. 4 представлена страница электронной таблицы MS Excel с вычислениями этих параметров на основе авторского метода. Как показано на этом рисунке, в соответствии с критерием применимости метода из [5, 8, 9], $4 \frac{r_j^2}{\chi} \leq t_K$ обработка и интерпретация первого

асимптотического участка индикаторного графика прослеживания приведённого понижения уровня становятся допустимыми уже по истечении лишь $t_{K_i} \cong 1,30 \text{ ч}$ (или $0,054 \text{ сут.}$). А эта величина критического времени вполне отвечает продолжительности этого самого асимптотического участка (см. рис. 3).

Перейдём теперь к оценкам фактора перетекания.

Как известно, стационарное распределение понижения пьезометрического уровня ПВ (максимального) S^0 в опробуемом напорном водоносном горизонте при возмущении с постоянным дебитом, когда весь расход откачки компенсируется переток из смежных горизонтов, и сработка запасов опробуемого горизонта не происходит (расчетная схема 1б), описывается на основе решения Гли (*G.J. de Glee*) [17]. Оно имеет вид:

$$S^0 = \frac{\bar{Q}}{2\pi T} K_0\left(\frac{r}{B}\right), \quad B = \sqrt{\frac{m_0 T}{k_z}}, \quad (5)$$

где $K_0(x)$ — модифицированная функция Бесселя второго рода нулевого порядка; \bar{Q} — постоянный дебит возмущения. Остальные обозначения прежние.

При $\frac{r}{B} \leq 0,3$ уравнение (5) существенно упрощается:

$$S^0 = \frac{0,366 \bar{Q}}{T} \lg \frac{1,12 B}{r}. \quad (6)$$

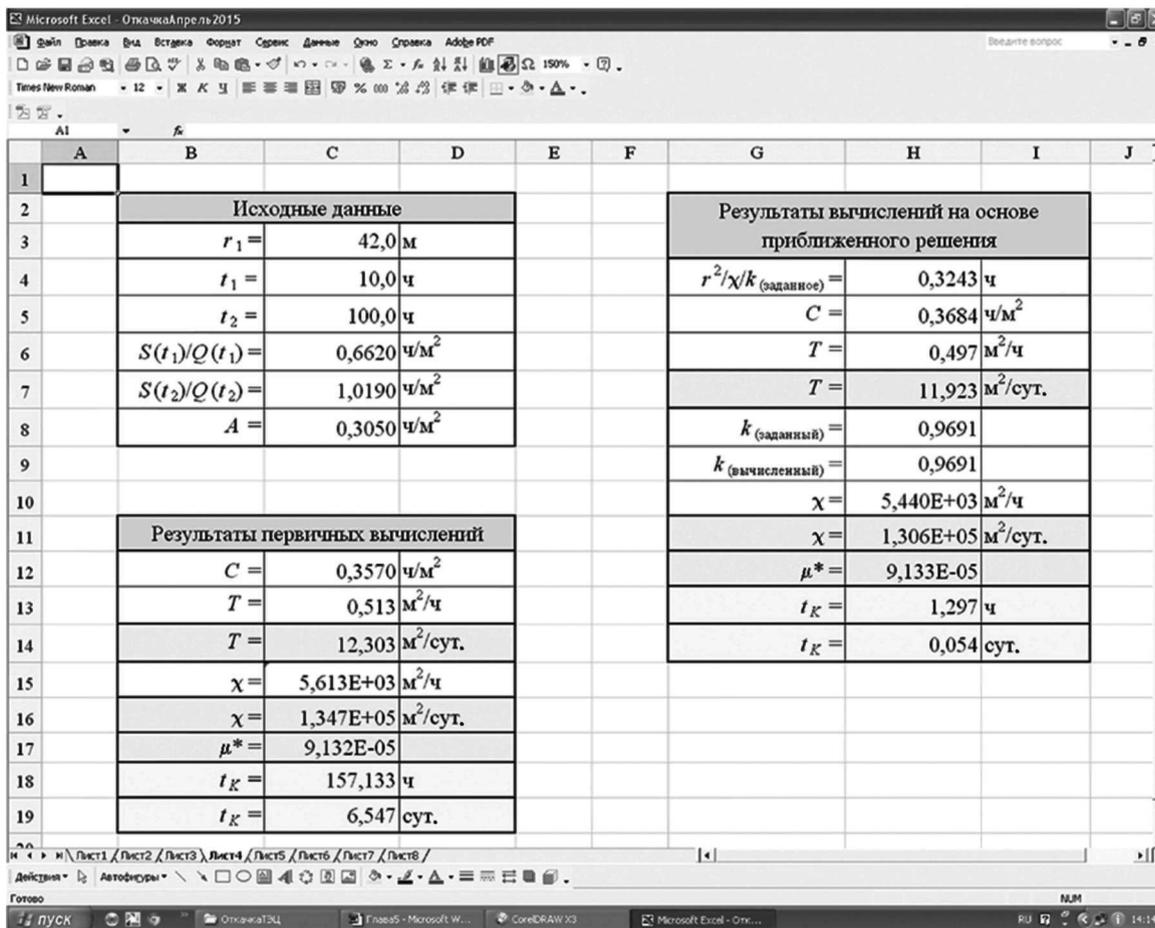


Рис. 4. Страница электронной таблицы с расчётами фильтрационных и ёмкостных параметров опробованного опытным выпуском аллювиально-пролювиального среднечетвертичного водоносного комплекса по данным прослеживания приведённого понижения пьезометрического уровня в наблюдательной скважине № 3363 опытного куста

Как следует из рис. 2, дебит опытного выпуска на этапе стабилизации пьезометрического уровня в наблюдательной скважине № 3363 опытного куста также стабилизируется и остается постоянным на всем протяжении заключительного этапа выпуска. Поэтому обработку опытных данных можно про-

изводить, используя напрямую уравнение (6). Однако в силу того, что индикаторный график на рис. 3 строился как график прослеживания приведённого понижения пьезометрического уровня (так как на начальных этапах возмущения (выпуска) его дебит был переменным) $\frac{S}{Q(t)}$ ($\lg t$), для обработки и интерпретации результатов выпуска формула (6) преобразована к виду:

$$\frac{S^0}{Q} = \frac{0,366}{T} \lg \frac{1,12 B}{r} \quad (7)$$

Здесь все обозначения прежние.

Последнее соотношение и является исходным для вычисления фактора перетекания; результаты его расчётов на основе уравнения (7) представлены в табл. 1.

Как отмечалось ранее, второй асимптотический участок графика прослеживания (II на рис. 3) представляет второй этап возмущения, при кото-

Таблица 1

Результаты расчётов фактора перетекания

Номер	Параметры водоносного горизонта и возмущения	Значения параметров
1	Расстояние до наблюдательной скважины r_1 , м	42,0
2	Водопроводимость T , м ² /ч; м ² /сут.	0,497 11,92
3	Приведённое понижение уровня, отвечающее этапу стабилизации пьезометрического уровня и дебита возмущения $\frac{S^0}{Q(t)}$: ч/м ² ; сут./м ²	0,820 0,03417
4	Фактор перетекания B^3 , м	486,48

³Очевидно, что представленные в табл. 1 значения фактора перетекания удовлетворяют условию применимости решений (6) и (7)

$$\frac{r_1}{B} = 0,086 < 0,3.$$

ром в опробуемый водоносный горизонт начинает поступать вода из смежного горизонта, а пьезометрический уровень в наблюдательной скважине опытного куста еще не стабилизировался. Этот этап отвечает расчётной схеме фильтрации ПВ в слоистой системе 1а. Соответственно наличие второго асимптотического участка должно обеспечить еще один метод оценки фактора перетекания.

Для схемы фильтрации, при которой в смежном горизонте в процессе ОФО реакция не наблюдается, движение ПВ в опробуемом горизонте к возмущающей скважине, работающей с постоянным дебитом, описывается уравнением вида (1) или (3). Решение такой задачи в предположении, что объем воды в слабопроницаемых отложениях μ_0^* пренебрежимо мал, т. е. $\mu_0^* \rightarrow 0$, и режим фильтрации в слабопроницаемом слое становится жёстким, получено в [22]; оно представлено в виде:

$$S(r, t) = \frac{\bar{Q}}{4\pi T} W\left(u, \frac{r}{B}\right), \quad u = \frac{r^2}{4\chi t}. \quad (8)$$

Здесь $W\left(u, \frac{r}{B}\right) = \int_u^\infty \frac{1}{y} \exp\left(-y - \frac{r^2}{4B^2 y}\right) dy$ — несобственный интеграл, табулированный в [18], — функция скважины в водоносных горизонтах с перетеканием (функция Хантуша). Остальные обозначения прежние.

Решение (8) применимо для водоносных горизонтов, имеющих относительно небольшую мощность [20], так что должно выполняться условие:

$$\frac{m}{B} \leq 0,1. \quad (9)$$

Поскольку, как отмечается в обзоре Т.А. Плугиной [14], указанное допущение (9) обычно выполняется, решение (8) применимо для интерпретации результатов ОФО в большинстве практических случаев.

Приведённые выше и упомянутые в представленных литературных источниках модели фильтрации ПВ справедливы для возмущений слоистых толщ с постоянным дебитом. При ОФО же таких систем выпусками дебит возмущения на этапе, отвечающем расчётной схеме фильтрации ПВ в слоистой толще 1а, явно переменный.

Как подчеркивалось в работе Ф.М. Бочевера [3], возмущение с заданной скоростью снижения уровня ПВ в возмущающей скважине (в том числе, и с постоянным понижением уровня ПВ в скважине) может быть представлено возмущением с заданным по некоторому закону переменным дебитом, так что снижение уровня ПВ в этой скважине будет происходить точно с той же заданной исходной постановкой задачи скоростью. Это утверждение, по-видимому, может быть распространено и на выпуски из многослойных толщ с перетеканием.

Приведём уравнение (8) к виду, пригодному для обработки и интерпретации результатов прослеживания понижения уровня ПВ в наблюдательной скважине при возмущении слоистой водоносной системы с перетеканием выпуском (т. е. откачкой с постоянным понижением пьезометрического уровня ПВ в возмущающей скважине). Как и в предыдущем случае, приведём понижение уровня ПВ в каждой наблюдательной скважине опытного куста к переменному дебиту возмущения — запишем уравнение (8) в виде:

$$\frac{S(t)}{Q(t)} = \frac{1}{4\pi T} W\left(u, \frac{r}{B}\right). \quad (10)$$

Здесь все обозначения прежние.

Таким образом, уравнение (8), записанное относительно приведённых понижений пьезометрического уровня ПВ, применимо для обработки и интерпретации результатов прослеживания приведённого понижения уровня ПВ в слоистых системах тем же методом, что рекомендован в [2]. Согласно ему по известным значениям $\frac{S(t_i)}{Q(t_i)}$, снятым с

индикаторного графика прослеживания, и T , в соответствии с (10), решается обратная задача — оценивается значение функции $W\left(u, \frac{r_1}{B}\right) - W\left(u, \frac{r_2}{B}\right) =$

$= \frac{S(t_i)}{Q(t_i)} 4\pi T$, а затем по установленным величинам $W\left(u, \frac{r_1}{B}\right)$ и u из таблицы функции Хантуша, приведённой, например, в [12, 18], подбирается значение отношения $\frac{r_1}{B}$, из которого рассчитывается

фактор перетекания B . При этом расчётные значения $\frac{S(t_i)}{Q(t_i)}$ снимаются со второго (II на рис. 3) асимптотического участка графика прослеживания приведённого понижения пьезометрического уровня ПВ в наблюдательной скважине № 3363 опытного куста.

Исходные данные и результаты расчетов фактора перетекания сведены в табл. 2.

Полученная величина фактора перетекания $B = 494$ м при эффективной мощности опробованного водоносного среднечетвертичного аллювиально-пролювиального горизонта $m = 31$ м полностью удовлетворяет критерию (9); нетрудно видеть, что $\frac{m}{B} = 0,063 \leq 0,1$. Иными словами, подтверждается пра-

вомерность использования исходной модели вида (10) для вычисления параметра B .

Итак, авторский метод интерпретации результатов прослеживания приведенного понижения пьезометрического уровня ПВ на начальном этапе возмущения слоистой водоносной системы с пере-

Таблица 2

 Результаты расчётов фактора перетекания
на основе расчётной модели (10)

Номер	Параметры водоносного горизонта и возмущения	Значения параметров
1	Расстояние до наблюдательной скважины r_1 , м	42,0
2	Расчётный момент времени t_i , отвечающий расчётному значению приведенного понижения пьезометрического уровня на II асимптотическом участке графика прослеживания, ч; сут.	50 2,083
3	Расчётное приведенное понижение пьезометрического уровня ПВ $\frac{S(t_i)}{Q(t_i)}$, снятое со II асимптотического участка графика прослеживания, ч/м ² ;	0,8050 0,03354
4	Расчётное значение водопроводимости опробуемого водоносного горизонта T , м ² /ч; м ² /сут.	0,497 11,92
5	Значение функции Хантуша $W\left(u, \frac{r_1}{B}\right)$	5,024
6	Расчётное значение пьезопроводности водовмещающих отложений χ , м ² /ч; м ² /сут.	$5,44 \cdot 10^3$ $1,31 \cdot 10^5$
7	Расчётное значение параметра u	$1,616 \cdot 10^{-3}$
8	Отношение $\frac{r_1}{B}$	0,085
9	Значение фактора перетекания B , м	494

сут./м²

течением обеспечивает возможность вычисления действительных параметров опробуемого водоносного горизонта при реальной продолжительности опытных выпусков.

Метод интерпретации результатов прослеживания приведённого понижения пьезометрического уровня ПВ по схеме 1б при возмущении слоистой системы выпуском принципиально не отличается от уже применяемого в соответствии с методическими рекомендациями из [2, 15, 17]. И в том и в другом случаях дебиты возмущения (откачки или выпуска) принимаются постоянными на протяжении соответствующего этапа ОФО. Полученное на этом этапе значение фактора перетекания ($B = 486,48$ м) можно считать контрольным для сопоставления с величиной фактора перетекания, полученной применительно к расчётной схеме фильтрации 1а.

Соответственно, как следует из табл. 2, значение фактора перетекания B 494 м практически точ-

но совпадает со значением фактора перетекания, вычисленным при интерпретации данных прослеживания приведённого понижения пьезометрического уровня ПВ на третьем этапе опыта (по схеме 1б). Такое совпадение подтверждает корректность самого выполненного опыта, данных, полученных при его проведении, и работоспособность рассмотренного здесь метода определения фактора перетекания.

Таким образом, в настоящей работе проработаны методические аспекты интерпретации результатов ОФО слоистых водоносных систем с перетеканием выпусками. Эти проработки доведены до уровня методических рекомендаций и с успехом могут применяться на практике, обеспечивая вполне достоверные значения определяемых фильтрационных и ёмкостных параметров опробуемых водоносных горизонтов и комплексов, а также параметров перетекания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баренблатт Г.И. О некоторых приближенных методах в теории одномерной неустановившейся фильтрации жидкости при упругом режиме // Изв. АН СССР. Отделение технических наук. 1954. № 9. С. 35–49.
2. Боровский Б.В., Самсонов Б.Г., Язвин Л.С. Методика определения параметров водоносных горизонтов по данным откачек. М.: Недра, 1979. 327 с.
3. Бочеввер Ф.М. Теория и практические методы гидрогеологических расчетов эксплуатационных запасов подземных вод. М.: Недра, 1968. 328 с.
4. Бочеввер Ф.М., Гармонов И.В., Лебедев А.В., Шестаков В.М. Основы гидрогеологических расчетов. М.: Недра, 1969. 368 с.
5. Бураков М.М. Фильтрация к скважине с частичным осушением напорного пласта вблизи нее // Редкол. ж. «Вестник АН КазССР». 1984. 25 с. Рукопись деп. В ВИНТИ, № 3301–84 Деп.
6. Бураков М.М. Случайные погрешности параметров слоистых водоносных систем, установленных по данным откачек. Алматы: «ProService LTD», 2007. 113 с.

7. Бураков М.М. Опытные откачки из слоистых водоносных систем с перетеканием. Методы интерпретации результатов. Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2014. 145 с.
8. Бураков М.М. Теоретические и методические проблемы интерпретации результатов опытных откачек с переменным дебитом. Алматы: Apple-print, 2017. 132 с.
9. Бураков М.М. Метод определения гидрогеологических параметров водоносных горизонтов по результатам опытных выпусков // Известия вузов. Геология и разведка. 2017. № 4. С. 57–65.
10. Бураков М.М., Хабиев С.Х. Методика определения фильтрационных и емкостных параметров слоистых водоносных систем по данным кустовых откачек. Алматы: АО «НЦНТИ», 2010. 67 с.
11. Бураков М.М., Хабиев С.Х. Методика интерпретации результатов опытных откачек из слоистых систем с перетеканием при реакции смежных горизонтов на возмущение. Алматы: АО «НЦНТИ», 2011. 88 с.
12. Вопросы гидрогеологических расчётов. Сборник статей / Под ред. Ф.М. Бочевера и В.М. Шестакова. М.: Мир, 1964. 180 с.
13. МIRONENKO В.А., ШЕСТАКОВ В.М. Теория и методы интерпретации опытно-фильтрационных работ. М.: Недра, 1978. 328 с.
14. ПЛУГИНА Т.А. Определение геофильтрационных параметров слабопроницаемых отложений натурными методами // Обзор. ВИЭМС. Гидрогеология и инженерная геология. М.: ВИЭМС, 1978. 56 с.
15. Синдаловский Л.Н. Справочник аналитических решений для интерпретации опытно-фильтрационных опробований. СПб.: Изд-во С.-Петербур. ун-та, 2006. 796 с.
16. Шестаков В.М. Вопросы терминологии в гидрогеодинамике // Водные ресурсы. 1984. Т. 8. № 5. С. 156–159.
17. Glee G.J. de. Berekeningsmethoden thoden voor de winning van grond-water // Drinkwatervoorzienting, 3e Vacantie cursus. Moorman's periodieke pers. The Hague. 1951. P. 38–80.
18. Hantush M.S. Analysis of data from pumping tests in leaky aquifers // Transactions. American Geophysical Union. 1956. Vol. 37. P. 702–714.
19. Hantush M.S. Non-steady flow to a well partially penetrating an infinite leaky aquifer // Proceedings of the Iraqi Scientific Societies. 1957. Vol. 1. P. 10–19.
20. Hantush M.S. Modification of the theory of leaky aquifers // Journal of Geophysical Research. 1960. Vol. 65. P. 3713–3725.
21. Hantush M.S. Flow to wells in aquifers separated by a semi pervious layer // Journal of Geophysical Research. 1967. Vol. 72. N 6. P. 1709–1720.
22. Hantush M.S., Jacob C.E. Nonsteady radial flow in an infinite leaky aquifer // Transactions. American Geophysical Union. 1955. Vol. 36. P. 95–100.

REFERENCES

1. Barenblatt G.I. On some approximate methods in the theory of one-dimensional unsteady fluid filtration under elastic conditions. *Izvesti Academy of Sciences of the USSR. Department of Technical Sciences*, 1954, no. 9, pp. 35–49. (In Russian).
2. Borevskiy B.V., Samsonov B.G., Yazvin L.S. Method for determining the parameters of aquifers by pumping data. M., Nedra Publ., 1979, 327 p. (In Russian).
3. Bochever F.M. *Theory and practical methods of hydrogeological calculations of operational groundwater resources*. M., Nedra Publ., 1968, 328 p. (In Russian).
4. Bochever F.M., Garmonov I.V., Lebedev A.V., Shestakov V.M. *Fundamentals of hydrogeological calculations*. M., Nedra Publ., 1969, 368 p. (In Russian).
5. Burakov M.M. Filtration to the well with partial dehumidification of the pressure formation near it. *Editorial board of the journal «Bulletin of the Academy of Sciences of the Kazakh SSR»*, 1984, 25 p. The manuscript was deposited at VINITI, № 3301–84 Dep. (In Russian).
6. Burakov M.M. *Random errors in the parameters of layered aquifer systems established by pumping data*. Almaty, ProService LTD Publ., 2007, 113 p. (In Russian).
7. Burakov M.M. *Experimental pumping out of layered aquifers with overflow. Methods for interpreting the results*. Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2014, 145 p. (In Russian)
8. Burakov M.M. Theoretical and methodological problems of interpreting the results of experimental pumpings with variable production rate. Almaty, Apple-print Publ., 2017, 132 p. (In Russian).
9. Burakov M.M. Method for determination of hydrogeological parameters of aquifers according to the results of experimental releases. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedeniy. Geologiya Razvedka (Proceedings of higher educational establishments. Geology and Exploration)*, 2017, no. 4, pp. 57–65. (In Russian).
10. Burakov M.M., Khabiev S.Kh. *Method for determination of filtration and capacitance parameters of layered aquifers according to the data of cluster pumping*. Almaty, Joint Stock Company «National Center for Scientific and Technical Information», 2010, 67 p. (In Russian).
11. Burakov M.M., Khabiev S.Kh. *A technique for interpreting the results of experimental pumping out of layered systems with overflow during the reaction of adjacent horizons to a disturbance*. Almaty: Joint Stock Company «National Center for Scientific and Technical Information», 2011, 88 p. (In Russian).
12. *Questions of hydrogeological calculations. Digest of articles*. M., Mir Publ., 1964, 180 p. (In Russian).
13. Mironenko V.A., Shestakov V.M. *Theory and methods of interpretation of experimental filtration works*. M., Nedra Publ., 1978, 328 p. (In Russian).
14. Plugina T.A. Directory of analytical solutions for the interpretation of experimental filtration tests. *Overview. VIEMS. Hydrogeology and engineering geology*. M., VIEMS Publ., 1978, 56 p. (In Russian).
15. Sindalovskiy L.N. *Directory of analytical solutions for the interpretation of experimental filtration tests*. St.Pb., St. Petersburg University Publishing House, 2006, 796 p. (In Russian).
16. Shestakov V.M. Questions of terminology in hydrogeodynamics. *Water resources*, 1984, vol. 8, no. 5, pp. 156–159. (In Russian).
17. Glee G.J. de. Berekeningsmethoden thoden voor de winning van grond-water. *Drinkwatervoorzienting, 3e Vacantie cursus. Moorman's periodieke pers*. The Hague, 1951, pp. 38–80.
18. Hantush M.S. Analysis of data from pumping tests in leaky aquifers. *Transactions. American Geophysical Union*, 1956, vol. 37, pp. 702–714.
19. Hantush M.S. Non-steady flow to a well partially penetrating an infinite leaky aquifer. *Proceedings of the Iraqi Scientific Societies*, 1957, vol. 1, pp. 10–19.
20. Hantush M.S. Modification of the theory of leaky aquifers. *Journal of Geophysical Research*, 1960, vol. 65, pp. 3713–3725.
21. Hantush M.S. Flow to wells in aquifers separated by a semi pervious layer. *Journal of Geophysical Research*, 1967, vol. 72, no. 6, pp. 1709–1720.
22. Hantush M.S., Jacob C.E. Nonsteady radial flow in an infinite leaky aquifer. *Transactions. American Geophysical Union*, 1955, vol. 36, pp. 95–100.

ЭКОНОМИКА МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ
И ГЕОЛОГО-РАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ

УДК 553.04:622.342:351.823

СОСТОЯНИЕ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ
РОССИИ И ИХ РОЛЬ В СОВРЕМЕННОЙ ЭКОНОМИКЕ

В.Т. БОРИСОВИЧ¹, В.Н. ИВАНОВ², З.М. НАЗАРОВА¹

*¹ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе»
23, Миклухо-Маклая ул., г. Москва 117997, Россия
e-mail: bvt@nm.ru; nazarovazm@inbox.ru*

*²Союз золотопромышленников России
оф. 623, 11, Новый Арбат ул., г. Москва 119019, Россия
e-mail: Viktor.ivanov.39@mail.ru*

Показано современное состояние минерально-сырьевой базы золота, серебра, платины и палладия для различных геолого-промышленных типов месторождений. По каждому виду металлов приведены запасы, прогнозные ресурсы и распределённый фонд месторождений в России. По всем банковским драгоценным металлам даны объёмы рыночных предложений. Особое внимание уделено использованию металлов как в мире, так и в России. В практике рыночных отношений спрос на драгоценные металлы принято разделять на два вида: фабрикатный (промышленный) и тезаврационный (инвестиционный). благородные металлы широко применяются в ювелирной, электронной, стекольной, атомной, фармакологической, химической, нефтехимической и других отраслях промышленности, находят своё применение в медицине и биомедицине, автомобилестроении и микроэлектронике, аэрокосмическом приборостроении, при производстве лазеров и ядерных испытаний. Отмечено, что в России большим недостатком является слабое промышленное использование драгоценных металлов.

Ключевые слова минерально-сырьевая база; благородные металлы; банковские металлы; использование благородных металлов; фабрикатный спрос; тезаврационный спрос.

THE STATUS OF THE MINERAL RAW MATERIALS BASE OF PRECIOUS METALS
OF RUSSIA AND THEIR ROLE IN THE MODERN ECONOMY

V.T. BORISOVICH¹, V.N. IVANOV², Z.M. NAZAROVA¹

*¹Russian state geological prospecting university (MGRI-RSGPU)
23, Miklukho-Maklay's str., Moscow 117997, Russia
bvt@nm.ru; nazarovazm@inbox.ru*

*²The Union of gold producers of Russia
Of. 623, bld. 11, Noviy Arbat street, Moscow 119019, Russia
e-mail: Viktor.ivanov.39@mail.ru*

The current state of the mineral resource base of gold, silver, platinum and palladium for different geological and industrial types of deposits has been shown. For each of the given metals reserves, probable reserves and allocated fund of deposits in Russia have been given. For all bank precious metals volumes of the market offers have been given. Special attention has been paid to the use of the metals both in the world and in Russia. In the practice of market relations, the demand for precious metals can be divided into two types: fabrication (industrial) and hoarding (investment). Precious metals are used in jewelry, electronic, glass, nuclear, pharmaceutical, chemical, petrochemical and other industries. They find their application in medicine and biomedicine, automotive, microelectronics, aerospace instrument making, the manufacturing of lasers and nuclear tests. It has been noted that in our country a great disadvantage is the weak industrial use of precious metals.

Keywords: the mineral resources; the precious metals; the bank precious metals; the noble metals use; the fabrication (manufacturing) demand; the hoarding demand.

За особые качества золото, серебро, платина и металлы платиновой группы (палладий, иридий, родий, рутений и осмий) получили название благородные. Именно вследствие уникальных свойств, а также красивому внешнему виду изделий из этих металлов они и заслужили своё название. Запасы благородных металлов в природе невелики, они встречаются в различных рудах или в россыпях. Кроме того, процесс добычи и извлечения достаточно трудоёмок.

Ценность благородных металлов очень высокая. Ввиду большой стоимости им дали второе название — драгоценные металлы (ДМ). К благородным (драгоценным) металлам, встречающимся в природе, согласно федеральному закону «О драгоценных металлах и драгоценных камнях», относят золото, серебро, платину и металлы платиновой группы (палладий, иридий, родий, рутений и осмий) [7]. Золото, серебро, платина и палладий еще имеют и название банковских металлов (БМ).

В природе золото встречается в трёх геолого-промышленных типах месторождений: собственно золоторудные — коренные и россыпные; и комплексные.

Более 270 лет прошло с тех пор, когда было открыто первое золоторудное месторождение российского золота — Берёзовское. Считалось, что в природе существуют два вида золота: коренное — «ломовое» и россыпное — «песочное». На Урале сначала открыли и добывали только «ломовое» золото, тогда как «песочное», как считалось тогда на Руси, бывает только в далёких жарких странах. М.В. Ломоносов теоретически обосновал связь россыпного золота с коренными месторождениями и представил в 1761 г. в Сенат проект изучения рек страны на содержание золота. В 1814 г. Л. Брусицыным были открыты первые золотые россыпи на Урале.

По запасам и добыче золота Россия занимает второе место в мире [2, 3].

Однако следует отметить, что балансовые запасы собственно золоторудных месторождений категории А+В+С₁ в России могут быть полностью отработаны в ближайшие 25 лет.

По добыче и запасам россыпного золота Россия занимает первое место в мире. Уровень добычи из россыпных месторождений в общероссийской структуре по-прежнему достаточно велик — около 24% [5]. В результате многолетней интенсивной эксплуатации минерально-сырьевая база (МСБ) россыпей золота в стране истощена. В нераспределённом фонде недр, составляющем около 50% запасов россыпного золота, находятся малорентабельные объекты. Наиболее рентабельная часть сырьевой базы россыпного золота России практически полностью вовлечена в освоение и при уровне годовой добычи в 80 т будет отработана за 15—17 лет (табл. 1) [2].

Запасы золота комплексных объектов сосредоточены преимущественно в месторождениях серебра, урана, никеля, меди, свинца и цинка. Наибольшими запасами золота категории А+В+С₁+С₂ обладают Сибирский (около 1325 т) и Приволжский (около 1040 т) федеральные округа [3, 5]. Здесь большая часть запасов сосредоточена в медно-колчеданных и медно-порфириновых месторождениях (Оренбургская область и Республика Башкортостан) и в медно-никелевых (Красноярский край). Так, поставленные на государственный баланс в последние годы запасы золота медно-порфириновых месторождений категорий С₁+С₂ составляют: Песчанка 233,8; Ак-Сутские 55,7; Малмыжское 283,2 т. Среднее содержание золота в этих рудах колеблется в пределах от 0,15 до 0,57 г/т. При этом освоение данных месторождений затруднено из-за неразвитой промышленной инфраструктуры их территорий [3].

В настоящее время Россия располагает высоким потенциалом наращивания сырьевой базы золота; только наиболее достоверные ресурсы категории Р₁+Р₂ составляют 17,5 тыс. т, а категории Р₃ — 25,398 тыс. т (табл. 1) [2]. Однако ситуация с прогнозными ресурсами золота не совсем благоприятная. Несмотря на большое общее количество ресурсов (около 43,0 тыс. т), более 60% из них составляют ресурсы категории Р₃, характеризующиеся недостаточной достоверностью.

Таблица 1

Состояние минерально-сырьевой базы золота в РФ (по состоянию на 01.01.2016 г.) [2]

Геолого-промышленный тип месторождений (число месторождений)	Запасы, т			Распределённый фонд, %			Прогнозные ресурсы, т		
	А+В+С ₁	С ₂	А+В+С ₁ +С ₂	А+В+С ₁	С ₂	А+В+С ₁ +С ₂	Р ₁	Р ₂	Р ₃
Месторождения собственно золоторудные:									
коренные (383)	5045,3	3938,1	8983,4	77,8	85,4	81,6	5498	10500	25248
россыпные (5340)	1053,2	157,6	1210,8	50,7	63,7	52,3	700	600	150
Комплексные месторождения (медно-никелевые и др.) (171)	2061,1	1562,1	3623,2	93,4	86,7	90,6			
Всего (5894)	8159,6	5657,8	13817,4	88,5	88,9	88,7	6198	11100	25398

Основную долю прогнозные ресурсы золота занимают в собственно золоторудных месторождениях. Крупные и сверхкрупные месторождения золота прогнозируются в труднодоступных регионах на северо-востоке страны, Дальнего Востока, Якутии и юга Сибири. На всех этих территориях активно ведутся поисковые работы на золото.

В российских недрах сосредоточено около 7% мировых промышленных запасов серебра. Серебро — это драгоценный металл серебристо-белого цвета, обладающий набором уникальных свойств, таких как устойчивость к коррозии, хорошая ковкость и пластичность, бактерицидность и фоточувствительные свойства, присущие некоторым его соединениям.

Серебро наиболее широко распространено в природе. Государственным балансом РФ учитывается 418 месторождений серебра и серебросодержащих месторождений с запасами категории $A+B+C_1+C_2$, равными 118,8 тыс. т (табл. 2) [2].

Россия стабильно входит в десятку ведущих производителей серебра в мире: в 2016 г. произведено

вестность среди которых получили Качканарско-Исовской, Кытлымский и Павдинский. Ежегодная добыча платины из россыпей в это время достигала 2—3 т. И вплоть до 1925 г. (начало добычи в Южной Африке) уральские прииски были основными поставщиками платины на мировой рынок (95—98% от общемировой добычи). За период с 1824 по 1990 гг. из россыпей было добыто не менее 450 т платины [6].

После открытия Южной Америки (территория Колумбии) в её землях испанскими конкистадорами был обнаружен тусклый белый металл, который они назвали «серебришко» от испанского слова «plata». Сначала этот металл по ошибке путали с серебром, так как эти металлы по своему цвету были очень похожи. Добываемая платина в те времена стоила в два раза дешевле серебра. Низкая стоимость платины объяснялась незнанием химических свойств этого элемента.

Даже когда платина стала промышленно добываться в России, благородный металл не имел достойного практического применения. Так, в 1828 г.

Таблица 2

Состояние минерально-сырьевой базы серебра в РФ (на 01.01.2016 г.) [2]

Число месторождений	Запасы, тыс. т			Распределённый фонд, %			Прогнозные ресурсы, тыс. т		
	$A+B+C_1$	C_2	$A+B+C_1+C_2$	$A+B+C_1$	C_2	$A+B+C_1+C_2$	P_1	P_2	P_3
418	65	53,8	118,8	92,3	79,1	86,3	24,8	75,4	104,2

1653 т серебра (пятое место и 5,3% годового производства в мире) [10]. Пятая часть запасов серебра заключена в 22 серебряных месторождениях, в том числе в месторождении Дукал в Магаданской области — одном из крупнейших в мире. Подавляющая часть запасов серебра присутствует в качестве попутного компонента в 396 комплексных месторождениях. За последние 10 лет добыча серебра в мире увеличилась на 37%. Значительный вклад в такой рост внесли европейские страны, в том числе и Россия, Северной (например, добыча серебра в Мексике увеличилась почти вдвое) и Южной Америки, такие как Перу, Боливия и Аргентина, а также страны Азии, среди которых особо место у Китая [10].

Россия занимает второе место в мире по запасам и производству металлов платиновой группы и обеспечивает 25% их мирового производства.

Первая, собственно платиновая россыпь была открыта на Урале в 1824 г. на р. Орулиха, левом притоке р. Баранча, к северу от Нижнего Тагила. В том же году открыты платиновые россыпи по притокам р. Ия и Тура. В 1825 г. обнаружены уникальные по богатству платиновые россыпи по р. Сухой Висим и другим рекам в 50 км к западу от Нижнего Тагила. Был заложен первый платиновый Мартяновский прииск. Появились целые платинодобывающие районы на карте Урала, наибольшую из-

правительство России организовало чеканку монет из уральской платины, а вывоз металла за границу был запрещен. На изготовление монет с 1828 по 1839 гг. пошло около 1250 пудов (около 20 т) сырой платины. Это вызвало быстрый рост добычи платины. Однако в 1839 г. чеканка монет была прекращена из-за ввоза в Россию поддельных монет и неустойчивого курса на платину. Это привело к кризису, и в 1846—1851 гг. добыча металла в России практически прекратилась [6]. Добытая в России платина раскупалась и вывозилась другими странами Европы и Америки.

Сегодня разведанные мировые запасы платины составляют около 80,0 тыс. т, в том числе на долю ЮАР приходится 87,5%, России — 8,3% и США — 2,5% запасов [4, 10].

Особенностью отечественной минерально-сырьевой базы платиноидов является приуроченность основной доли ресурсного потенциала к комплексным сульфидным медно-никелевым рудам, где платиноиды выступают в качестве попутного компонента при добыче никеля и меди. Государственным балансом РФ учтены запасы платиноидов на 144 месторождениях, в том числе на 33 коренных и 111 россыпных объектах (табл. 3) [2].

Объёмы предложения на рынке ДМ в 2016 г. приведены в табл. 4. Крупнейшие производители золота — Китай, Австралия и Россия, где в 2016 г.

Таблица 3

Состояние минерально-сырьевой базы металлов платиновой группы РФ (по состоянию на 01.01.2016 г.) [2]

Геолого-промышленный тип месторождений (число месторождений)	Запасы, т			Распределённый фонд, %			Прогнозные ресурсы, т		
	A+B+C ₁	C ₂	A+B+C ₁ +C ₂	A+B+C ₁	C ₂	A+B+C ₁ +C ₂	P ₁	P ₂	P ₃
Россышные (111)	39,6		39,6	100		100			
Коренные (33)	9742,8	5288,1	15030,9	99,7	97,3	98,8			
Всего (144)	9782,4	5288,1	15070,5	99,7	97,3	98,8	33,9	237,3	400

Таблица 4

Объёмы предложения на рынке драгметаллов в 2016 г., т [8–10]

Показатели	Драгоценные металлы			
	золото	серебро	платина	палладий
Производство ДМ из минерального сырья, всего	262,4	1450	20,75	76,25
в том числе:				
аффинированные ДМ в слитках	253,6	886	19,53	3,18
экспорт ДМ в промпродуктах	8,8	564	1,22	79,43
Производство ДМ из вторичного сырья	35,0	203	5,46	3,97
ВСЕГО	297,4	1653	26,21	80,22

было добыто 453,5 т, 290,5 т и 262,4 т металла соответственно [8–10].

Анализ показал, что общий объём добычи и производства золота в России в 2016 г. составил 297,4 т, что на 1,2% больше, чем в 2015 г. При этом по объёму добычи золота из минерального сырья в 2016 г. Россия третий год подряд занимает третье место в мировом рейтинге, уступая Китаю и Австралии. Доля РФ в мировой добыче золота из минерального сырья составила 8,1%, что эквивалентно 262,4 т. Лидерами в рейтинге субъектов РФ по добыче золота являются Красноярский край, Чукотский автономный округ и Магаданская область. В 2016 г, потеснив Амурскую область и Республику Саха (Якутия), Магаданская область поднялась с пятого места на третье [4, 5].

В 2016 г. наибольший прирост производства золота продемонстрировал сегмент золотосодержащих концентратов — на 38,9% (до 8,8 т золота). Также на 2,8% увеличилось производство золота в слитках из золотых месторождений (до 238,8 т). При этом производство попутного и вторичного золота снизилось на 11,1% (до 14,8 т) и 9,0% (до 35 т) соответственно [4].

Несмотря на некоторое укрепление рубля, российские золотодобывающие компании остаются эффективными и сохраняют конкурентные преимущества в части издержек производства золота. В 2016 г. их полные затраты были в среднем меньше на 200 долл. за унцию, чем у других крупных мировых игроков [5]. В 2016 г. инвестиционная активность в отрасли снизилась по сравнению с 2015 г. Однако ожидается её оживление в результате выхода компаний на рынки капитала и консолидации отрасли за счёт средних и мелких игроков, обусловленной возможной недооценкой российских

золотодобывающих предприятий. Первая десятка крупнейших производителей золота в РФ по-прежнему является движущей силой развития отрасли, занимая 62% рынка. При общей положительной динамике по состоянию на конец 2016 г. 54,5% от общероссийской добычи пришлось на российские компании с иностранным участием [5].

В ходе анализа состояния отрасли нами был проведён опрос среди 16 крупнейших российских золотодобывающих компаний (например, ПАО «Полос Золото», ОАО «Полиметалл», ОАО «Высочайший») по ключевым вопросам, касающимся текущей ситуации и ожиданий в отношении её развития на среднесрочную перспективу. Большинство респондентов (88%) считают, что рост добычи золота в РФ на основе разработки новых крупных месторождений экономически возможен. При этом 63% полагают, что для обеспечения роста нужны хабы по переработке упорных золотосодержащих руд, а 25% отметили необходимость создания хабов (от hub (англ.) — центр) по переработке неупорных руд [1]. По сравнению с результатами предыдущего опроса, когда необходимость создания хабов по переработке неупорных руд в качестве потенциального фактора роста добычи золота в РФ выделили 50% опрошенных, сейчас компании не видят в них большой необходимости.

Сферы, в которых нашли своё применение драгметаллы, чрезвычайно обширны. И если в древности основными из них были чеканка монет и ювелирное дело, в которых использовали золото и серебро, то сейчас область применения существующих благородных металлов достаточно широка. Это связано с тем, что они обладают исключительно полезными качествами, которых нет у других металлов и материалов.

В практике рыночных отношений спрос на ДМ принято разделять на два вида: фабрикационный (промышленный) и тезаврационный (инвестиционный) [1]. Благородные металлы используются во многих отраслях промышленности: ювелирной, медицинской, электронной; они находят своё применение в автомобилестроении, химическом и нефтехимическом производстве (осмий и иридий), в микроэлектронике, стекольной и радиопромышленности, биомедицине и аэрокосмическом приборостроении, при производстве лазеров, при ядерных испытаниях в атомной и фармакологической промышленности (осмий не заменим при производстве кортизона), при изготовлении лабораторной посуды, специальных зеркал для лазерной техники, химического оборудования и различных приспособлений, которые используются в качестве катализаторов, жидкокристаллических дисплеев, стекловолокна и оптических стёкол. Вот далеко не полный список продукции применения благородных металлов.

Основным драйвером спроса на золота в мире является ювелирная промышленность. Хотя ювелирный спрос за прошедшие годы и сократился с 80% от общего (при цене 279 долл. США в 2000 г.) до 51% (при цене 1251 долл. США в 2016 г.). В России этот показатель ещё ниже — 13% [5].

Больше всего серебра применяется в промышленности, где лидерами являются Китай, США и Япония. Россия в этом списке занимает седьмое место. Серебро широко используется в электронике, где также лидерами являются вышеупомянутые страны.

Бесспорно 1-е место в производстве ювелирных изделий и посуды из серебра занимает Индия. В изготовлении монет и медалей первое место по праву принадлежит США: вот уже несколько лет подряд здесь выпускают больше тысячи тонн монет и медалей из серебра. Пожалуй, единственная страна, которая уверенными темпами стремится к уровню США по производству серебряных монет и медалей — Канада, которая за 2005—2015 гг. увеличила выпуск подобных изделий в 8 раз [10].

В промышленном применении серебра на российском рынке в 2016 г. был зафиксирован минимум за предшествующие 10 лет — 484 т. В области электроники и фотографии также отмечен внушительный спад спроса на серебро в 2016 г. [10]. В изготовлении посуды было незначительное сокращение производства. В производстве ювелирных украшений из серебра российский рынок до 2015 г. представлял оптимистичную картину, но уже в 2015 г. их производство снизилось на 15%, а в 2016 г. — ещё на 12,5%. Подъём в 2014 г. объясняется тем, что в связи с повышением цены на золото, потребители обратили свое внимание на более доступное по цене серебро. Но только 46% российского серебра используется в ювелирных изделиях [5,10].

Что касается платины и палладия, то следует отметить следующее. В России эти ДМ только добываются, но используются в небольших объёмах; спрос на платину составляет 0,1% от всех мировых продаж [4, 9]. Сегодня свойства платины оценены по её достоинству. Платина — это самый дорогой драгоценный металл. Стоимость 1 г платины в новых ювелирных изделиях составляет от 4500 до 8000 руб. и выше. Изготовленные из платины ювелирные изделия выглядят очень привлекательно. Платиновые электроды (автомобильные платиновые свечи зажигания, платиновые контакты) практически не выгорают и их можно очень долго эксплуатировать. Высокая стойкость платины к эрозии делает возможным увеличить интервал замены платиновых электродов до 90 тыс. км автопробега [9].

Лидером в мировом производстве палладия на протяжении многих лет является ГМК «Норильский Никель», на который приходится более 40% общемировой добычи [4, 9]. Основные потребители платины в России — пять предприятий: АО Торгово-производственная компания «Драгцветмет» (г. Москва); ОАО «Екатеринбургский завод по обработке цветных металлов»; ОАО «Красцветмет» (г. Красноярск); ОАО «Приокский завод цветных металлов»; АО «Уральский электрохимический комбинат».

В последнее время произошли значительные изменения на мировом потребительском рынке палладия. Суммарный спрос на палладий увеличился более чем в три раза, что стимулировало рост цен на этот металл: за 10 предшествующих лет цены на палладий возросли в 3,4 раза [9]. Основными потребителями палладия являлись электронная промышленность и стоматология, на долю которых приходилось 77% мирового потребления [9]. Многие автомобильные компании переходят на палладиевые и родий-палладиевые катализаторы с целью снижения выброса вредных веществ с выхлопными газами. Использование палладия при производстве автокатализаторов превышает его потребление в электронной и электротехнической промышленности более чем в 10 раз. Палладий не вступает в реакции с другими металлами, но растворяется в «царской водке». Свойства его ценятся не только ювелирами и автомобилистами, но также химиками и медиками.

Палладий дешевле, а в ювелирных изделиях дороже золота, так как это очень трудно обрабатываемый металл. В России ювелирные изделия из палладия практически не изготавливаются. В Японии ювелирные изделия из палладия чрезвычайно ценятся и легко раскупаются [12].

Тезаврационный спрос представляет собой потребление драгметаллов хозяйствующими субъектами и физическими лицами в виде стандартных и мерных слитков, монет и медалей, использования

в качестве ОМС (обезличенные металлические счета) и ETF-фондов, традиционных деривативов и акций золотодобывающих компаний.

Интересным способом инвестиций в драгметаллы являются ETF-фонды. ETF (Exchange Traded Fund) — это биржевые инвестиционные фонды, акции которых торгуются на бирже [1]. Это достаточно новый вид ценных биржевых бумаг, который относится к числу наиболее эффективных инструментов инвестирования и которые обеспечены ДМ. Положительными моментами являются возможность торговли бумагами ETF как обыкновенными акциями (маржинальная торговля, короткие продажи), прозрачные активы, отсутствие издержек по хранению драгметаллов.

Недостатком ОМС инвестиций в драгметаллы является их слабая надежность. На ОМС не распространяется система страхования денежных вкладов, а цена покупки и продажи золота определяется самим банком. Получить прибыль можно, используя деривативы на драгметаллы: форварды, фьючерсы, опционы и акции золотодобывающих компаний, которые доступны к приобретению во всем мире [1].

Благородные металлы активно используются и как объект инвестиций. На сегодняшний день каждый может позволить себе иметь свой собственный «золотой запас», вкладывая средства в инвестици-

онные драгметаллы. Мерные слитки из ДМ могут быть прекрасным вложением свободных денежных средств, для того чтобы сохранить сбережения от возможной инфляции.

Особую актуальность приобретает пополнение государственных золотовалютных резервов (ЗВР) [1]. В 2016 г. Банк России, купив более 200 т золота не на открытом рынке за доллары, а на внутреннем российском рынке за рубли, влил в российскую экономику порядка 0,5 трлн руб., которые не повлияли на инфляцию, а ушли в реальную экономику [5]. В международных резервах РФ в настоящее время находится более 1829 т золота [4].

Роль золота в экономике неизменно остается очень важной: оно одновременно является промышленным ресурсом и финансовым инструментом. Что касается последнего, то необходимо отметить, что в финансовой системе происходят существенные изменения на разных её уровнях. Многие специалисты отмечают, что в мире растёт интерес к этому благородному металлу не только как объекту инвестиций, но и как средству обмена и платежа. Это означает коренной переворот в мировой экономике и политике.

Результаты проведённого анализа показали, что Россия обладает хорошей МСБ благородных металлов, занимает ведущие места в их добыче и в практическом использовании.

ЛИТЕРАТУРА

1. Борисович В.Т., Назарова З.М., Косьянов В.А., Золотова Н.В. Терминологический словарь фондового рынка. М., 2017. 216 с.
2. Государственный доклад Минприроды РФ «О состоянии и использовании минерально-сырьевых ресурсов РФ в 2015 году». [Электронный ресурс] <http://www.mnr.gov.ru/regulatory/list.php?part=2066>, дата обращения 12 февраля 2017 г.
3. Иванов А.И., Вартанян С.С., Черных А.И., Беневольский Б.И., Голубев Ю.К. Состояние и перспективы развития МСБ алмазов и золота России // Разведка и охрана недр. 2016. № 9. С. 95–100.
4. Кашуба С.Г., Иванов В.Н. Итоги производства золота, серебра, платины и палладия в Российской Федерации в первом полугодии 2017 года // Золото и технологии. 2017. № 3 (37). С. 6–10.
5. Обзор золотодобывающей отрасли России за 2015–2016 годы // Золото и технологии. 2017. № 3(37). С. 10–42.
6. Пушкарев Е.В. История добычи платины на Урале. [Электронный ресурс] <http://tagilcity.ru/blogs/39213/111422-istoriya-dobychi-platiny-na-urale>, дата обращения 17 марта 2018 г.
7. Федеральный закон «О драгоценных металлах и драгоценных камнях» от 26.03.1998 N 41-ФЗ (в редакции от 16.03.2018 г.). [Электронный ресурс] <http://legalacts.ru/doc/federalnyi-zakon-ot-26031998-n-41-fz-o/>, дата обращения 16 марта 2017 г.
8. Gold Survey, Thomson Reuters GFMS, London, 2016. 94 p.
9. Platinum & Palladium Survey. London: Thomson Reuters GFMS. 2016. 76 p.
10. World Silver Survey. The Silver Institute. Washington, 2016. 98 p.
11. Gold Demand Trends: World Gold Council Report, [Электронный ресурс] <https://regnum.ru/news/economy/331296.html>, дата обращения 16 марта 2018 г.
12. International Monetary Fund. [Электронный ресурс] <http://stk-pesok.ru/platina>, дата обращения 16 марта 2018 г.

REFERENCES

1. Borisovich V.T., Nazarova Z.M., Kasyanov V.A., Zolotova N.I. *The vocabulary of the stock market*. M., 2017, 216 p. (In Russian).
2. *State report the Ministry of natural resources of the Russian Federation «About the status and use of mineral resources of the Russian Federation in 2015»*. Available at: <http://www.mnr.gov.ru/regulatory/list.php?part=2066> (Accessed 12 February 2017). (In Russian).
3. Ivanov A.I., Vartanyan, S.S., Black A.I., Benevol'sky B.I., Golubev Yu.K. The State and prospects of development of SMEs diamonds and gold of Russia. *Prospecting and protection of mineral resources*, 2016, no. 9, pp. 95–100. (In Russian).
4. Kashuba S.G., Ivanov V.N. Results of gold, silver, platinum and palladium production in the Russian Federation in the first half of 2017. *Gold and technology*, 2017, no. 3 (37), pp. 6–10. (In Russian).
5. Review of the gold mining industry in Russia for 2015–2016. *Gold and technology*, 2017, no. 3 (37), pp. 10–42. (In Russian).
6. Pushkarev E.V. *History of platinum mining in the Urals*. Available at: <http://tagilcity.ru/blogs/39213/111422-istoriya-dobychi-platiny-na-urale> (Accessed 17 March 2018). (In Russian).
7. *The Federal law «On precious metals and precious stones» of 26.03.1998 N 41-FZ (in edition of 16.03.2018)*. Available at: <http://legalacts.ru/doc/federalnyi-zakon-ot-26031998-n-41-fz-o> (Accessed 16 March 2017). (In Russian).
8. *Gold Survey*, London: Thomson Reuters GFMS, 2016, 94 p.
9. *Platinum & Palladium Survey*, London: Thomson Reuters GFMS, 2016, 76 p.
10. *World Silver Survey*, The Silver Institute. Washington, 2016, 98 p.
11. *Gold Demand Trends: World Gold Council Report*. Available at: http://www.gold.org/investment/research/regular_reports/gold_demand_trends (Accessed 16 March 2018).
12. *International Monetary Fund*. Available at: <http://stk-pesok.ru/platina> (Accessed 16 March 2018).

ИЗ ИСТОРИИ НАУКИ

УДК 56 (09)

ИСТОРИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО И ПАЛЕОНТОЛОГИЧЕСКОГО
ИЗУЧЕНИЯ ГОРЫ БОЛЬШОЕ БОГДО

И.А. СТАРОДУБЦЕВА¹, И.В. НОВИКОВ²

¹*Государственный Геологический музей им. В.И. Вернадского РАН
11-11, Моховая ул., Москва 125009, Россия
e-mail: iraidastar@mail.ru*

²*Палеонтологический институт им. А.А. Борисяка РАН
123, Профсоюзная ул., г. Москва 117647, Россия
e-mail: inovik@paleo.ru*

Рассмотрена история геологического и палеонтологического изучения горы Большое Богдо, а также эволюция взглядов на геологический возраст слагающих её пород. Приведены первые описания горных пород, слагающих гору Большое Богдо, опубликованные в XVIII в. в трудах академиков С.Г. Гмелина и П.С. Палласа. Особое внимание уделено результатам, полученным в ходе проведённой здесь экспедиции под руководством английского геолога Р.И. Мурчисона в 1841 г. Большой вклад в познание геологического строения и палеонтологической характеристики горы Большое Богдо внесли исследования А.Б. Ауэрбаха, который впервые на территории Европейской России обнаружил здесь остатки триасовых темноспондильных амфибий и рыб. Охарактеризован новый этап в изучении палеонтологии горы Большое Богдо, который начался в 1912 г. В 1926 и 1928 гг. здесь работал известный палеонтолог и писатель И.А. Ефремов. Впоследствии изучение геологического строения горы Большое Богдо проводилось сотрудниками Саратовского государственного университета, Палеонтологического института им. А.А. Борисяка РАН и других научных учреждений России.

К л ю ч е в ы е с л о в а: гора Большое Богдо; нижний триас; стратиграфия; палеонтология; позвоночные.

THE HISTORY OF GEOLOGICAL AND PALEONTOLOGICAL
STUDY OF BOLSHOYE BOGDO MOUNTAIN

I.A. STARODUBTSEVA¹, I.V. NOVIKOV²

¹*Vernadsky State Geological Museum of Russian Academy of Sciences
11, building 11, Mohovaya street, Moscow 125009, Russia
e-mail: iraidastar@mail.ru*

²*Borissiak Paleontological Institute of Russian Academy of Sciences
123, Profsoyuznaya street, Moscow 117647, Russia
e-mail: inovik@paleo.ru*

The history of the geological and paleontological study of Bolshoye Bogdo mountain, as well as the evolution of the views on their geological structure, has been considered. The first descriptions of the rocks composing the Bolshoye Bogdo mountain, published in the 18th century by academicians S.G. Gmelin and P.S. Pallas, have been given. A particular attention has been paid to the results obtained during the expedition conducted under the guidance of the English geologist R.I. Murchison in 1841. A great contribution to the knowledge of the geological structure and paleontological characteristics of Bolshoye Bogdo mountain was made by A.B. Auerbach, who discovered here the remains of Triassic temnospondyl amphibians and fish for the first time for the territory of European Russia. A new stage in the study of the paleontology of the Bolshoye Bogdo mountain, which began in 1912, has been characterized. A well-known paleontologist and writer I.A. Efremov worked there in the 1926th and 1928th years and conducted scientific research and searches for vertebrate remains. Later, the study of the geological structure of the Bolshoye Bogdo mountain was carried out by the staff of the Saratov State University, Borissiak Paleontological Institute and other scientific institutions of Russia.

К e y w o r d s: Bolshoye Bogdo mountain; Lower Triassic; stratigraphy; paleontology; vertebrates.

Гора Большое Богдо (Астраханская область) более 100 лет привлекает внимание специалистов, изучающих стратиграфию и палеонтологию триаса Европейской России. Но интерес к этому природному объекту зародился еще в конце XVIII в. Первые сведения о породах, слагающих гору Большое Богдо, были опубликованы в конце XVIII в. академиками С.Г. Гмелиным и П.С. Палласом — руководителями первых академических экспедиций, организованных Императорской академией наук и художеств по инициативе Екатерины II.

В 1769 г. в Прикаспийских степях, на оз. Баскунчак и на горе Большое Богдо побывал С.Г. Гмелин, впервые опубликовавший в научной литературе рисунок и описание горы (рис. 1). Её подошва по наблюдениям Гмелина «во всей окружности имеет около осьми верст, а вышина на глазомере около семидесяти сажен. С северной стороны она посредством пяти холмов срослась в одну смесь, которая по степеням наклонное положение имеет. С восточной стороны индо полога, индо крута, с западной целый ряд холмов представляет, кои около четвертой части всей ее вышины имеют и на четьре версты в длину к Волге простираются, а потом мало-помалу с плоской землей сравниваются. Они при начале своем круты и состоят из крепких песчаных камней ... Южная сторона горы крутиз-

ною походит на каменную стену, и из столь великих расселин и глубоких пропастей состоит, что ежели с вершины камень в оные бросить, то ни звуку не услышишь, ниже увидишь, где он упал. Пропасти посредством малых холмов одна от другой отделяются, и между оными есть один такой, который весь состоит из красной тонкой глины... В прочем видны в сих ущельях различно перемеющиеся слои, кои состоят из желтого, белого и красноватого песка и из разной глины, а самые нижние из известкового камня. Попадаются также гипсовые и алебастровые слои, коих во всех южных областях Российского государства нигде столь много нет, как там, где в чрезмерном количестве соль показывается. Наверху Богды находятся целые кучи камня ...» [3, с. 16—17]. Этот исследователь попытался дать ответ на вопрос «отчего сделалась на открытой степи такая гора, какова есть Богда? ... Не должно ли при сем и то показать наипаче, что вся гора наполнена достопамятными окаменелостями таких животных, кои нигде, как только в море жить не могут? Мне по всему кажется, что гора сия есть ясным доказательством бывшей незапомнимые нами времена перемены. Я думаю, что на месте теперешней твердой земли была прежде вода. Вся страна вниз по Волге из морских раковин состоящая, и соленое хозяйство Кубан-



Рис. 1. Гора Большое Богдо [3]

ской и Яицкой степей кажется с сим мнением согласуются ...» [3, с. 21].

П.С. Палласу удалось дважды посетить гору Большое Богдо во время своей экспедиции и составить более подробное её геологическое описание «с точностью, которой нельзя довольно надивиться в трудах этого «русского Соссюра»» [12, с. 699]. По наблюдениям Палласа «вершина горы и от оной в западную сторону довольно прямо простирающийся хребет ... состоит из рыхлого известкового сланца, который до самой высочайшей части вершины, на 50 или 53 сажени перпендикулярно от поверхности степи возвышается. Известковый камень цветом светло-сер, крепок и ломается довольно великими и толстыми плитами, кои горками и ямками испещрены, также видны, хотя и не ясно, следы окаменелых черепокожных; ... в совершенном виде почти ничего нет, один только Аммонов рог, сохранивший свой образ, попался мне между оными» [16, с. 314—315]. Ниже «известкового камня» Паллас отметил слой, состоящий «из опоки и глины, перемешанной с песком и на глазомер более 22 сажений в толщину имеющий; глина цветом по большей части красная, перемешанная с белыми и сероватыми к низу часто песчаными, к верху же известковыми слоями и весьма наполнена поверенной солью», он указал и на находки в глине селенита [16, с. 315]. Под опокой и глиной залегает, по наблюдениям Палласа, крупный серый, «часто с хрящем и небольшими кремнями смешанный песочный камень, который лежит по большей части огромными сплюснутыми ивернями (иверень устар. — щепка, осколок — прим. авторов), отчасти же наподобие крупнозернистого сланца» [16, с. 316].

Не остались без внимания Палласа и так называемые поющие скалы: «Также и на пологости к солянному озеру находятся некоторые рассеянные и как будто оторванные скалы ... и около коих находятся большие и малые кругляки, которые или пусты, или наподобие порядочных орлиных камней наполнены песком. Когда на сии пещеры, находящиеся в уступе хребта, наипаче к южному концу возвышающегося, сильный ветер дует, то на высоте хребта стоящему, кажется человеку как будто слышит издали такой же крик и шум, какой слышен бывает от нескольких сот вместе просящих голосов» [16, с. 317—318].

Позднее не миновали гору и её окрестности И.Г. Георги, А.М. Таушер, К.Х. Гёбель, а в 1829 г. здесь побывали члены Уральской экспедиции А. фон Гумбольдт, Г. Розе и Х. Эрнберг.

Изучение ископаемых остатков, найденных на горе Большое Богдо, начинается с работы немецкого палеонтолога Л. фон Буха. В 1830 г. он опубликовал описание в бинарной номенклатуре найденного здесь аммонита, которого он отнес к цератам, дав ему видовое название *Ammonites*

bogdoanus [23]. Основываясь на его изучении этот исследователь допускал, что вмещающая порода может принадлежать к «раковинному известняку» (к среднему триасу в современном понимании). Таким образом, Л. фон Бух впервые высказал предположение о триасовом возрасте слагающих гору отложений.

Г.П. Гельмерсен в статье «Пояснительные примечания к генеральной карте горных формаций Европейской России», опираясь на выводы Л. фон Буха, писал: «В России, подобно как и в Англии, кажется, почти нет раковинистого (т. е. раковинного) известняка; единственное место, где он встречается, по мнению господина Буха, есть гора Богдо, при низовьях Волги. Из той же горы дерптский профессор Гёбель привез серый ружьяковистый известняк, содержащий в себе каменные ядра крупной породы *Mytilus* и другую раковину, похожую на *Avicula socialis*. Точнее определить их невозможно, но обе окаменелости находятся в соответствии с *Ammonites bogdoanus* Buch» [2, с. 56].

Выводы Л. фон Буха и Г.П. Гельмерсена, по-видимому, не убедили их современников. Свой взгляд на возраст пород, слагающих гору Большое Богдо, в 1842 г., а затем в 1846 г. высказал Э.И. Эйхвальд. П.А. Православлев писал по этому поводу: «Коллекции окаменелостей, собранные Гёбелем, Гумбольдтом и др. на г. Богдо, послужили, как известно поводом для первых попыток определить геологический возраст образующих названную гору пластов. Причем, акад. Эйхвальд, которому были переданы Богдоанские коллекции Гёбеля, введенный в заблуждение случайно попавшим в эту коллекцию эстляндским ортоцератитом (*Orthoceratites vaginatus*), отнес породы Богдо к силурийскому возрасту. Несколько позже он попытался исправить свою ошибку и причислил эти породы к древнему красному песчанику, составляющему, по принятой им классификации нижний отдел горноизвестковой формации» [17, с. 8—9].

В 1840—1841 гг. в России работала экспедиция под руководством английского геолога Р.И. Мурчисона, в состав которой входили французский палеонтолог Э. де Вернейль и российский геолог и палеонтолог А.А. Кейзерлинг. В 1841 г. он проводил исследования между Оренбургом и Астраханью, в ходе которых изучил строение гор Малое и Большое Богдо. Составленное им геологическое описание этих гор вошло в капитальную монографию Р.И. Мурчисона, Э. де Вернейля и А.А. Кейзерлинга [24], которая в 1849 г. была опубликована на русском языке [12]. Английское издание [24] сопровождалось первой зарисовкой геологического разреза горы Большое Богдо (рис. 2).

По наблюдениям А.А. Кейзерлинга «обе смежные горы Богдо имеют почти сходное сложение. Малый Богдо представляет собой вид невысокого гребня, проходящего от севера—северо-востока на

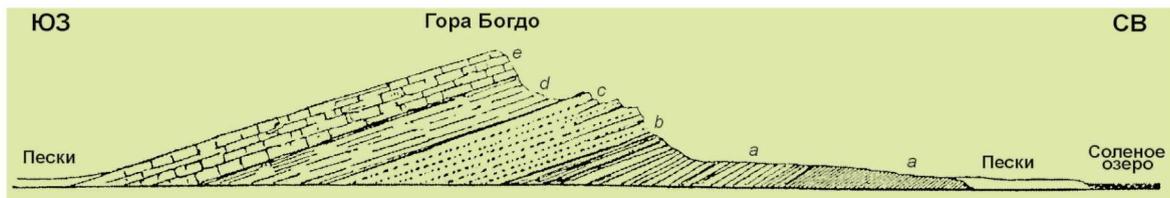


Рис. 2. Геологический разрез горы Большое Богдо [24 с изменениями]: а – «глинистый соледержащий мергель»; б – рыхлый песчаник; с – песчаник грубозернистый; d – «глинистый рухляк»; e – известняк

юг—юго-запад. У его северной оконечности естественный разрез обнажает красный песчаник, падающий на восток под углом 30° ; он прикрыт беловатого цвета известняком, состоящим из угловатых, похожих на брекчии обломков, плотных и твердых, образующих скопления столь подобные развалившимся строениям, что легковверные туземцы несомненно принимают их за произведение рук человеческих. Известковые слои прикрыты сероватого цвета гипсом, а в их восточном скоплении, к слоям этим прислоняются и обрезают их пласти известняка, наклонённые на запад, показывая, таким образом, поперечную линию сдвига; гипсовые же массы занимают симметричную впадину» [12, с. 697–698].

Гора Большое Богдо, писал А.А. Кейзерлинг, образует «самый высочайший пункт в этой целой стране и, представляя особую занимательность по особым растениям и до ныне водящимся на ней животным, она постоянно привлекала и суверное богопочтение кочевых племен около нее поселившихся и высокое внимание всех приближавшихся к ней ученых путешественников Фалка, Палласа, Гёбеля, Еверсмана» [12, с. 698]. А.А. Кейзерлинг установил, что слои на горе Большое Богдо «падают на юго-запад под углом около 30° , то есть по противоположному направлению главных толщ Малого Богдо. Подошва горы состоит из соледержащего глинистого рухляка, из которого выходят соляные родники, осаждающие поваренную соль в прилежащее озеро; иногда в одно лето образуется, таким образом, слой до одного фута толщиной. Встречаются также гипсовые прослойки и рухляк, столь красный, что он употребляется туземцами вместо краски. Затем следует значительная толща песчаника, нижняя часть которой мягка, рыхла и тонкослоиста, верхняя же часть состоит из красноватого песчаника, случайно грубозернистого, содержащего обломки розового кварца, лидийского камня (черная кремнистая порода-разновидность яшмы — прим. авторов) и небольшие полосатые сростки. Над этими пластами проходит песчаный, красный и белый глинистый рухляк, имеющий от переслаивания с тонкими полосами белого мергеля, ленточный наружный вид; порода эта, в которой Паллас заметил присутствие соли, имеет до 200 футов мощности. Сопка состоит из серого известняка, около 100 футов толщиной; он

разбит на слои подобные плитнякам, имеющие неоспоримо много сходства с раковинным известняком. У лежащего бока он заключает огромные образцы *Gervillia*, а выше с ядрами *Perna*, которые по общему очертанию имеют некоторое сходство с *Inoceramus rostratus* юрского известняка. На противоположном склоне горы нашли мы, в дополнение к *Ammonites bogdoanus*, сжатый *Mytilus*, сходствующий отчасти с *M. ediliformis* раковинного известняка и мелкие двучерепные раковины, которые могут быть отнесены к роду *Dona*» [12, с. 701–702].

На горе Большое Богдо А.А. Кейзерлингом было собрано «около дюжины образцов *Ammonites bogdoanus* и нескольких других раковин» [12, с. 699–700]. В вышедшем в 1845 г. коллективном труде «Палеонтология России» [24] были описаны и изображены двусторчатых моллюсков *Mytilus beaumonti* и *Avicula dalailamae*. При этом авторы отметили, что последняя форма вместе с *Goniatites bogdoanus* — самые многочисленные в слагающих гору известняках и принадлежат «эпохе триаса», а также констатировали, что среди окаменелостей совершенно отсутствуют палеозойские и юрские формы [24, с. 323]. В итоге они пришли к выводу, что породы, слагающие Большое Богдо, представляют собой «более молодые образования, чем пермские и древнее пластов юрских» и поддержали мнение Л. фон Буха о соответствии или близости их возраста «раковинному известняку» [12, с. 703].

В 1854 г. Императорское Русское географическое общество организовало экспедицию для исследования «любопытной местности, занимаемой горами Большим и Малым Богдо, Чапчачи и другими холмами Баскунчакского соляного озера» [6, с. 1]. Московскому геологу И.Б. Ауэрбаху было предложено принять участие в этой экспедиции, главной целью которой было изучение горы Большое Богдо, определения её географического положения, исследования каменной соли горы Чапчачи и месторождений серы в окрестностях горы Малое Богдо. Ауэрбах провел в окрестностях оз. Баскунчак барометрические, психометрические, магнитные и геологические наблюдения, собрал палеонтологические, зоологические и ботанические коллекции.

Для изучения геологического строения горы Большое Богдо по распоряжению Ауэрбаха был

расчищен склон и сделан вертикальный разрез от подошвы до вершины горы. Мощность разреза, в котором Ауэрбах выделил 379 слоёв, составила 234 м. В его основании он наблюдал мощные слои песчаника (ныне — бугринская свита), в средней части — толщу переслаивающихся голубовато-серых и красных глин (ныне — ахтубинская свита), а в верхней — тонкоплитчатые известняки, переслаивающиеся с голубовато-серыми и бурыми глинами (ныне — богдинская свита). По его подсчётам известняки составили 1,5, песчаники 46,5 и глины 52% всей массы пород [1].

Ископаемые Ауэрбах смог найти только в верхней части разреза, в известняках и переслаивающихся с ними глинах; ниже в песчаниках удалось обнаружить лишь редкие растительные остатки. «Не излишним считаю упомянуть, что если мне удалось собрать на Большом Богдо окаменелостей гораздо более, чем моим предшественникам, то я этим обязан промывке глин, которую я производил в больших размерах, по примеру и советам многочтимого мною палеонтолога Х.И. Пандера; только этим путем я мог собрать множество чешуек и зубов рыб и ящеров, которые здесь по сию пору оставались незамеченными», — писал Ауэрбах [1, с. 41].

Обработав собранный палеонтологический материал, Ауэрбах описал впоследствии остатки растений, моллюсков, серпул, ракообразных, а также зубы рыб и земноводных. Изучив последние под микроскопом, он отнёс их к роду *Mastodonsaurus*. Ауэрбах писал: «Хотя два маленькие обломочка, найденные мною при промывке глин горы Богдо, не давали возможности судить о форме целого зуба и тем точнее определить вид, к которому их следует отнести, но микроскопические из них препараты не оставляют ни малейшего сомнения, что они принадлежат ящеру из семейства лабиринтодонтов, столь отличительного для триаса» [1, с. 55]. Изображение изученных зубов лабиринтодонтов были помещены на одной из таблиц, приложенных к работе. Таким образом, к заслуге Ауэрбаха надо отнести не только подробное изучение разреза горы Большое Богдо, но и опубликование описания и изображения остатков триасовых амфибий, впервые найденных им на территории России.

В результате изучения ископаемых остатков Ауэрбах пришел к выводу, что известняки и глины верхней части разреза «должны быть отнесены к верхнему отделу раковинного известняка (к среднему триасу); что же касается до лежащих ниже их слоёв глин и составляющих подножие горы песчаников, то их, с одинаковым, кажется, вероятием, можно отнести к пёстрому песчанику (к нижнему триасу), либо к пермской формации: редкие и неясные растительные отпечатки, слабые следы медных руд и самое свойство горных пород не проти-

воречат ни тому, ни другому предположению» [1, с. 58].

В 1873 г. Н.П. Барбот-де Марни, направляясь на Чапчачи, изучил попутно и разрез горы Большое Богдо. В 1884 г. здесь работал И.В. Мушкетов, а в 1887 г. — Ф.Н. Чернышев. Эти исследователи больше уделили внимание слоям гипса и их возрасту. В 1882 г. австрийский геолог и палеонтолог И.А. Мойсисович высказал свое мнение по поводу геологического возраста слагающих гору пород, сопоставив известняки, глины и песчаники с «верфенскими сланцами альпийского триаса» [17, с. 17]. В 1908 г. П.А. Православлев [17] подвёл итог геологическому изучению горы Большое Богдо, и, как следует из его публикации, никто из работавших там после Ауэрбаха исследователей не нашел здесь остатков лабиринтодонтов.

Новый этап палеонтологического и геологического изучения горы Большое Богдо начался в 1912 г. В тот год М.В. Баярунас вместе с двумя студентами Киевского университета, по предложению Уральско-Каспийского нефтяного общества почти четыре месяца, проводил исследования в прикаспийских степях. Во время этих исследований «были осмотрены по пути обнажения триаса на горе Богдо, где была собрана коллекция триасовых ископаемых, из которых наибольший интерес представляют два черепа и остатки некоторых других костей Amphibia. По предварительному определению еще не вполне отпрепарированных черепов они принадлежат к родам, близким к *Capitosaurus* и *Metopias*, хотя и не вполне сходны с ними» [18, с. 45–46]. Находки были сделаны в верхней части разреза (ныне — богдинская свита) и вызвали интерес у специалистов-палеонтологов. В 1927 г. эти черепа были отпрепарированы и описаны академиком П.П. Сушкиным как принадлежащие двум западноевропейским родам лабиринтодонтов — *Capitosaurus* и *Trematosaurus* [25].

В 1926 и 1928 гг. по поручению Геологического музея Академии наук разрез горы Большое Богдо исследовал И.А. Ефремов; сначала самостоятельно (в 1926 г.), а затем (в 1928 г.) вместе с Ф.М. Кузьминым. За эти два посещения в осыпях по склонам горы удалось собрать небольшое количество фрагментарных остатков лабиринтодонтов, которые были позднее описаны Ефремовым [5]. Наибольший интерес среди этого остеологического материала представляют отпечаток крыши черепа, предположительно отнесенный Ефремовым к *Trematosaurus brauni*, и передняя половина правой ветви нижней челюсти, определённая, как *Capitosaurus* sp. В этой же работе Ефремов отнёс описанный Сушкиным фрагмент черепа трематозавра к типовому виду *T. brauni*. Позднее В.Г. Очевым [14] и И.В. Новиковым [13] была обоснована принадлежность вышеуказанного фрагмента нижней челюсти и отпечатка крыши черепа к трематозавриду

Inflectosaurus, описанному в 1960 г. М.А. Шишкиным [22].

В справочнике К. Циттеля, опубликованном в 1932 г., в разделе по амфибиям, отредактированном А. Вурвардом, по описанному Сушкиным образцу мозговой коробки, отнесённому первоначально к *Capitosaurus*, был выделен новый вид последнего — *C. bogdoanus*, но без приведения конкретного диагноза [26]. Однако, по нашему мнению, этот образец не обладает какими-либо диагностическими признаками, указывающими на его видовую обособленность.

В 1932 г. А.В. Хабаков опубликовал статью с описанием двух зубных пластин двоякодышащих рыб семейства Ceratodontidae из богдинской свиты [21]. Одна из них была найдена Баярунасом в верхней части разреза горы Большое Богдо в плотном сером известняке, содержащем остатки двусторчатых моллюсков, аммоноидей, гастропод и лабиринтодонтов. По этому экземпляру Хабаков установил новый вид *Ceratodus* — *C. facetidens*, «первый и пока единственный для триасовых отложений Азии и Европейской части СССР» [21, с. 50]. Другой экземпляр, найденный Ефремовым в 1926 г., из-за плохой сохранности был определён им как *Ceratodus cf. kaupi*.

В 1939 г. геолог А.Н. Мазарович расчленил разрез горы Большое Богдо на песчано-конгломератовую бузулукскую свиту, выше которой впервые выделил баскунчакскую серию в составе тананькской (красноцветной глинистой) и богдинской (известняково-глинистой) свит [8]. Позднее Е.В. Мовшовичем тананькская свита была переименована в ахтубинскую [19].

Современный этап геологического и палеонтологического изучения горы Большое Богдо связан с именами Б.П. Вьюшкова и его учеников — М.А. Шишкина и В.Г. Очева, а также В.В. Липатовой, Ф.Ю. Киселевского, Е.В. Мовшовича, С.П. Рыко-

ва, А.Ю. Лопато, Н.Н. Старожиловой, Л.Д. Кипарисовой, Л.Я. Сайдаковского, М.Г. Миниха, А.В. Миних, Д.А. Кухтинова и др. В ноябре 1957 г. экспедицией Палеонтологического института под руководством Вьюшкова были проведены кратковременные раскопки на горе Большое Богдо. В состав экспедиции входили также Очев и Шишкин. В результате работ на южном склоне горы были найдены разрушенный череп очень крупного лабиринтодонта и левая ветвь нижней челюсти, принадлежавшая более молодой особи. На основании этих материалов Шишкиным [22] был описан новый род и вид трематозаврида *Inflectosaurus amplus*. Позднее экспедицией Саратовского государственного университета под руководством Очева в штольне, пробитой в богдинской свите, была сделана еще одна находка черепа трематозаврида [15]. В настоящее время место хранения как этого образца, так и указанных выше зубных пластин двоякодышащих рыб, к сожалению, не известно.

В 1965 г. саратовскими палеонтологами С.П. Рыковым и М.Г. Минихом было открыто первое местонахождение позвоночных в ахтубинской (тогда — тананькской) свите. Оно расположено в 6,45 м ниже кровли и содержит богатый комплекс рыб, а также остатки лабиринтодонтов (предчелюстная кость представителя рода *Rhytidosteus*, впервые описанного из нижнего триаса Южной Африки). Собранный из этого местонахождения материал по двоякодышащим рыбам стал основой для выделения трёх новых форм в составе рода *Gnathorhiza* — *G. triassica baskunchakensis*, *G. otschevi* и *G. bogdensis* [11]. Позднее в результате изучения остатков акулорыб, происходящих из богдинской свиты, А.В. Миних был описан новый вид рода *Lissodus* — *L. aquilus* [9, 10].

В течение многих лет изучение геологического строения горы Большое Богдо проводилось сотрудниками НИИ геологии Саратовского государственного университета, ВНИГНИ, УкрНИГРИ.

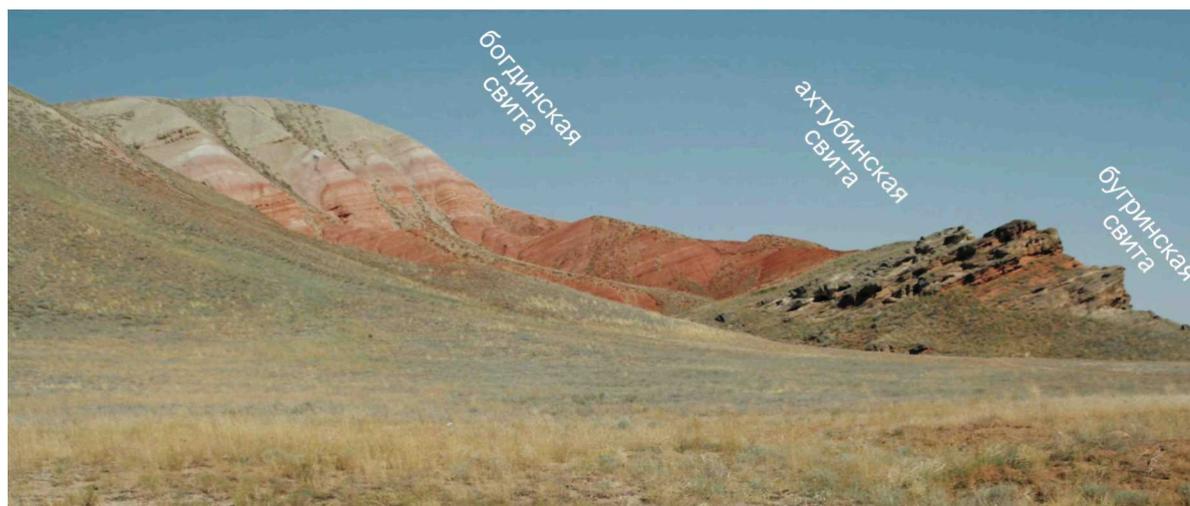


Рис. 3. Геологическое строение горы Большое Богдо [7]

Результатом этих работ стала коллективная монография «Стратотипический разрез баскунчакской серии нижнего триаса горы Большое Богдо» [20], в которой приведены: послойное описание разреза (с выделением 93 слоёв), ревизованный список встреченных органических остатков (головоногие и двустворчатые моллюски, тетраподы, рыбы, филоподы, остракоды, харовые водоросли, листовая флора, споры и пыльца), а также минералогическая и палеомагнитная характеристики слагающих гору пород. Отдельный раздел монографии посвящён описанию встреченных здесь двустворчатых моллюсков (автор — Л.Д. Кипарисова) и членистоногих (авторы — А.Ю. Лопато (филоподы) и Н.Н. Старожилова (остракоды)). Среди последних установлены новые виды филопод (*Cyclotunguzites bogdoensis* и *C. bascunchakensis*) и остракод (*Triassinella bogdoensis*, *Darwinula conspecta*, *Gerdalia antiqua*, *G. delicate*, *Clinocypris cognatus*, *C. confertus*).

Остатки листовой флоры (*Pleuromeia sternbergii*), происходящие из богдинской свиты, были детально изучены и описаны И.А. Добрускиной [4]. Новый материал по лабиринтодонтам, полученный из богдинской свиты в результате дополнительных сборов Шишкина (1982 и 2002 гг.) и Новикова (2002 г.), частично обработан последним исследователем [13].

В настоящее время разрез горы Большое Богдо относится к пяти региональным стратиграфическим подразделениям [7] — вохминскому горизонту (бугринская свита), рыбинскому, слудкинскому и устьмыльскому горизонтам (большая часть ахтубинской свиты) и федоровскому горизонту (верхи ахтубинской свиты и богдинская свита). Одной из важнейших задач дальнейших исследований этого разреза является уточнение возраста отложений, слагающих его нижнюю часть (бугринская свита и нижняя часть ахтубинской), и поиск здесь органических остатков.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ауэрбах И.Б. Гора Богдо. Исследования, произведенные по поручению Императорского Русского географического общества в 1854 г. СПб, 1871. 81 с.
2. Гельмерсен Г.П. Пояснительные примечания к генеральной карте горных формаций Европейской России // Горный журнал. 1841. Ч. 2. Кн. 4. С. 29–68.
3. Гмелин С.Г. Путешествие по России для исследования трех царств природы. Ч. 2. СПб: Импер. АН, 1777. 361 с.
4. Добрускина И.А. Триасовые флоры Евразии. М.: Наука, 1982. 195 с.
5. Ефремов И.А. Материалы по пермо-триасовым лабиринтодонтам // Тр. Палеозоол. ин-та АН СССР. Т. 1. М.: Изд-во АН СССР, 1932. С. 57–67.
6. Известия о действиях учёной экспедиции, снаряжённой Императорским Русским географическим обществом для исследования местности Черноярского уезда, занимаемой горами Богдо и другими близ Баскунчакского соляного озера // Вестник ИРГО. Ч. 12. V. Географические известия и смесь. СПб, 1854. С. 1–12.
7. Кухтин Д.А., Ярошенко О.П., Шишкин М.А., Сенников А.Г., Миних А.В., Миних М.Г., Твердохлебов В.П., Левина В.И., Прохорова Н.П., Воронкова Е.А. Актуализированная стратиграфическая схема триасовых отложений Прикаспийского региона. Объяснительная записка. М.: ФГБУ «ВНИГНИ», 2016. 36 с.
8. Мазарович А.Н. О триасе горы Богдо // Уч. зап. Моск. гос. ун-та. 1939. Вып. 26. Серия «Геология». С. 54–71.
9. Миних А.В. Новые таксоны акулорыб из триасовых отложений юга Европейской России. Саратов: Изд-во Саратов. ун-та. 1996. 14 с. Деп. в ВИНТИ 09.04.1996. №1127-В96.
10. Миних А.В. Акулорыб из триасовых отложений Европейской России // Тр. НИИ геологии СГУ. Нов. Сер. 2001. Т. VIII. С. 46–54.
11. Миних М.Г. Триасовые двоякодышащие рыбы востока Европейской части СССР. Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 1977. 97 с.
12. Мurchison Р., Вернейль Э., Кейзерлинг А. Геологическое описание Европейской России и хребта Уральского. Ч. 1. СПб, 1849. 1141 с.
13. Новиков И.В. Новые данные по трематозавроидным лабиринтодонтам Восточной Европы. 1. Род *Infectosaurus* Shishkin, 1960 // Палеонтол. журн. 2007. № 2. С. 51–58.
14. Очев В.Г. Капитозавроидные лабиринтодонты юго-востока европейской части СССР. Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 1972. 269 с.
15. Очев В.Г. Тайны пылающих холмов. Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 1976. 95 с.
16. Паллас П.С. Путешествие по разным провинциям Российского государства. Часть третья, половина первая 1772 и 1773 годов перевел Василий Зуев. СПб: при Импер. АН, 1788. 624 с.
17. Православлев П.А. К геологии окрестностей Баскунчакского озера. Варшава, 1908. 148 с.
18. Протоколы заседаний Киевского общества естествоиспытателей за 1912 г. Киев: тип. акционер. об-ва Корчак-Новицкого, 1913. 51 с.
19. Решение Межведомственного стратиграфического совещания по триасу Восточно-Европейской платформы (Саратов, 1979 г.). Л.: ВСЕГЕИ, 1982. 64 с.
20. Стратотипический разрез баскунчакской серии нижнего триаса горы Большое Богдо. Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 1972. 165 с.
21. Хабакоев А.В. Об остатках двоякодышащих (сем. *Seratodontidae*) из нижнего триаса горы Богдо // Тр. Палеозоол. ин-та АН СССР. Т. 1М.: Изд-во АН СССР, 1932. С. 45–55.
22. Шишкин М.А. Новый триасовый трематозаврид *Infectosaurus amplius* // Палеонтол. журн. 1960. № 2. С. 130–148.
23. V u c h L. von. Ehplication de trois planches d'Ammonites. Berlin, 1830. (Gesammelte Schriften, IV, part. 1. Berlin, 1885. 94 p.).
24. Murchison R.I., Verneul E. de, Keyserling A. von. The Geology of Russia in Europe and the Ural Mountain. T. 1. Geology. London: Murray, 1845. 700 p.
25. S u s h k i n P.P. On the modification of the mandibular and hyoid arches and their relations to the braincase in the early tetrapods // Paläontol. Z. 1927. Bd 8. № 4. S. 263–321.
26. Z i t t e l K.V. Text-book in palaeontology. V. 2 / Ed. A.S. Woodward. L.: MacMillan, 1932. 464 p.

REFERENCES

1. Auerbah I.B. *Gora Bogdo. Issledovaniya, proizvedennyye po porucheniju Imperatorskogo Russkogo geograficheskogo obshhestva v 1854 g* [Bogdo Mountain. Researches commissioned by the Imperial Russian Geographical Society in 1854], St. Petersburg, 1871, 81 p. (In Russian).
2. Gel'mersen G.P. Pojasnitel'nye primechanija k general'noj karte gornyh formacij Evropejskoj Rossii [Explanatory Notes to the General Map of Mountain Formations of European Russia]. *Gornyj zhurnal*, Mountain magazine, 1841, vol. 2, no. 4, pp. 29–68. (In Russian).

3. Gmelin S.G. *Puteshestvie po Rossii dlja issledovanija treh carstv prirody*. [Journey through Russia to explore the three kingdoms of nature]. St.-Petersburg, The Imperial Academy of Sciences Publ., vol. 2, 1777. 361 p. (In Russian).
4. Dobruskina I.A. *Triasovye flory Evrazii*. [Triassic flora of Eurasia]. M., Nauka Publ., 1982. 195 p. (In Russian).
5. Efremov I.A. Materialy po permo-triasovym labirintodontam [Materials on Permo-Triassic labyrinthodonts]. *Tr. Paleozool. in-ta AN SSSR*. — *Proc. works of the Paleozoological Institute*, 1932, vol. 1, pp. 57–67. (In Russian).
6. Izvestija o dejstviah uchjonoj jekspedicii, snarjazhjonnoj Imperatorskim Russkim geograficheskim obshhestvom dlja issledovanija mestnosti Chernojarskogo uezda, zanimajemoj gorami Bogdo i drugimi bliz Baskunchakskogo soljanogo ozera [News of the activities of a scientific expedition equipped with the Imperial Russian Geographical Society to explore the area of the Chernoyarsky Uyezd, occupied by the Bogdo mountains and others near the Baskunchak salt lake] *Vestnik IRGO*. — *Bulletin of the Imperial Russian Geographical Society*, 1854, no. 12, Geographic news and mix, pp. 1–12. (In Russian).
7. Kuhtinov D.A., Jaroshenko O.P., Shishkin M.A., Sennikov A.G., Minih A.V., Minih M.G., Tverdohlebov V.P., Levina V.I., Prohorova N.P., Voronkova E.A. Aktualizirovannaja stratigraficheskaja shema triasovyh otlozhenij Prikaspijskogo regiona. Ob'jasnitel'naja zapiska [Actualized stratigraphic scheme of Triassic deposits of the Caspian region. Explanatory letter]. M., All-Russian Scientific Research Geological Petroleum Institute Publ., 2016. 36 p. (In Russian).
8. Mazarovich A.N. O triase gory Bogdo [About the Triassic of Bogdo Mountain] *Uch. zap. Mosk. gos. un-ta. Serija «Geologija»* — Academic notes of Moscow University. The series «Geology», 1939, Issue 26, pp. 54–71. (In Russian).
9. Minih A.V. Novye taksony akulovyh ryb iz triasovyh otlozhenij juga Evropejskoj Rossii. [New taxa of shark fishes from the Triassic sediments of the south of European Russia]. Saratov, Saratov university Publ., 1996, 14 p. Deposited in VINITI 09.04.1996. №1127-B96. (In Russian).
10. Minih A.V. Akulovye ryby iz triasovyh otlozhenij Evropejskoj Rossii [Shark fishes from the Triassic sediments of European Russia] *Trudy NII geologii SGU. Nov. Ser — Proceedings of the Scientific Research Institute of Geology of the Saratov University. New episode*, 2001, vol. VIII, pp. 46–54. (In Russian).
11. Minih M.G. *Triasovye dvojakodyshashhie ryby vostoka Evropejskoj chasti SSSR* [Triassic dipnoans in the east of the European part of the USSR]. Saratov, Saratov State University Publ., 1977, 97 p. (In Russian).
12. Murchison R., Verneil' Je., Keizerling A. Geologicheskoe opisanie Evropejskoj Rossii i hrebta Ural'skogo. Ch.1 [Geological description of European Russia and the Ural ridge. Part I]. St. Petersburg, 1849, 1141 p. (In Russian).
13. Novikov I.V. Novye dannye po trematozavroidnym labirintodontam Vostochnoj Evropy. I. Rod *Inflectosaurus* Shishkin, 1960 [New data on the trematosauroid labyrinthodonts of Eastern Europe. I. Genus *Inflectosaurus* Shishkin, 1960]. *Paleontologicheskij zhurnal*. — *Paleontological Journal*, 2007, no. 2, pp. 51–58. (In Russian).
14. Ochev V.G. Kapitavozroidnye labirintodonty jugo-vostoka evropejskoj chasti SSSR [Capitavozroid labyrinthodonts of the southeast of the European part of the USSR]. Saratov, Saratov State University Publ., 1972, 269 p. (In Russian).
15. Ochev V.G. *Tajny pylajushhih holmov* [Secrets of Blazing Hills]. Saratov, Saratov State University Publ., 1976, 95 p. (In Russian).
16. Pallas P.S. Puteshestvie po raznym provincijam Rossijskogo gosudarstva. Chast' tret'ja, polovina pervaja 1772 i 1773 godov perevel Vasilij Zuev [Travel to different provinces of the Russian state. Part three, the first half of 1772 and 1773, was translated by Vasily Zuev]. St. Petersburg, Imperial Academy of Sciences Publ., 1788, 624 p. (In Russian).
17. Pravoslavlev P.A. K geologii okrestnostej Baskunchakskogo ozera [To the geology of the vicinities of Lake Baskunchak]. Warsaw, 1908, 148 p. (In Russian).
18. Protokoly zasedanij Kievskogo obshhestva estestvoispytatelej za 1912 g. [Reports of meetings of the Kiev Society of Naturalists for 1912]. Kiev, Printing House of Korchak-Novitsky Joint Stock Company, 1913, 51 p. (In Russian).
19. Reshenie Mezhdomstvennogo stratigraficheskogo soveshhanija po triasu Vostochno-Evropejskoj platformy (Saratov, 1979 g.) [Decision of the Inter-departmental Stratigraphic Meeting on the Triassic of the Eastern European Platform (Saratov, 1979)]. L., All-Union Geological Institute Publ., 1982, 64 p. (In Russian).
20. Stratotipicheskij razrez baskunchakskoj serii nizhnego triasa gory Bol'shoje Bogdo [Stratotypic section of the Baskunchak series of the Lower Triassic of the Bolshoye Bogdo Mountain]. Saratov, Saratov State University Publ., 1972, 165 p. (In Russian).
21. Habakov A.V. Ob ostatkah dvojakodyshashhih (sem. *Ceratodontidae*) iz nizhnego triasa gory Bogdo [On the remains of the dipnoans (family *Ceratodontidae*) from the Lower Triassic of Bogdo Mountain]. *Tr. Paleozool. in-ta AN SSSR*. — *Printing works of the Paleozoological Institute*, 1932, vol. 1, pp. 45–55. (In Russian).
22. Shishkin M.A. Novyj triasovyj trematozavrid *Inflectosaurus* *amplus*. [A new Triassic trematosauroid *Inflectosaurus amplus*]. *Paleontologicheskij zhurnal* — *Paleontological Journal*, 1960, no. 2, pp. 130–148. (In Russian).
23. Buch L. von. *Ehpliation de trois planches d'Ammonites*. Berlin, 1830. (Gesammelte Schriften, IV, part. 1. Berlin, 1885, 94 p.).
24. Murchison R.I., Verneul E. de, Keyserling A. von. *The Geology of Russia in Europe and the Ural Mountain*. T. 1. Geology. London, Murray, 1845. 700 p.
25. Sushkin P.P. *On the modification of the mandibular and hyoid arches and their relations to the braincase in the early tetrapods*. *Paläontol. Z*, 1927, Bd 8, no 4, pp. 263–321.
26. Zittel K.V. *Text-book in palaeontology*. V. 2 / Ed. A.S. Woodward. L., MacMillan, 1932, 464 p.

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 553.5 (470.42)

**КОНКРЕЦИИ С ФОССИЛИЯМИ УЛЬЯНОВСКОЙ ОБЛАСТИ —
НОВЫЙ ВИД ЮВЕЛИРНО-ПОДЕЛОЧНОГО СЫРЬЯ**

Д.А. ПЕТРОЧЕНКОВ

*ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе»
23, Миклухо-Маклая ул., г. Москва 117997, Россия
e-mail: p-d-a@mail.ru*

Конкреции расположены в средней части разреза отложений готеривского яруса, образованного тёмно-серыми плотными глинами. Конкреции плотные, тёмно-серого и чёрного цветов, насыщены фрагментами раковин двустворок, реже аммонитов и состоят из (мас. %): кальцита 85, арагонита 8, кварца 2, апатита 2, пирита 2 и алюмосиликатов 1. Из элементов-примесей фиксируется Sr — 0,08 мас. %. Содержания радиоактивных и канцерогенных элементов находятся на уровне фона. Арагонит выполняет стенки раковин. Кальцит является цементом мергеля, выполняет фрагменты раковин. Пирит выполняет значительные зоны преимущественно во внешних частях конкреций. В центральных частях он присутствует в виде редкой вкрапленности. Кварц и алюмосиликаты — минералы донного морского осадка. Кальцит, апатит и пирит — вторичные минералы, образованные в процессе диагенеза морского осадка. В кальците из элементов-примесей отмечены (мас. %): Mg от 0,52 до 2,19, Mn от 0,34 до 2,13. Отсутствует Fe, которое концентрируется в пирите. Установлены структурные особенности и химический состав минералов. Конкреции с фосс依лиями Ульяновской области являются технологичным высокодекоративным ювелирно-поделочным материалом, позволяющим изготавливать широкий ассортимент ювелирных и сувенирных изделий.

Ключевые слова: ювелирно-поделочное сырьё; конкреции; фосс依лии; кальцит; арагонит; Ульяновская область.

**CONCRETIONS WITH FOSSILS OF THE ULYANOVSK REGION —
A NEW KIND OF JEWELRY-ORNAMENTAL RAW MATERIALS**

D.A. PETROCHENKOV

*Russian State Geological Prospecting University
23, Miklukho-Maklay's street, Moscow 117997, Russia
e-mail: p-d-a@mail.ru*

Concretions with fossils of the Ulyanovsk region are a new kind of jewelry and ornamental raw materials. Concretions are located in the middle part of the section of the Hauterivian sediments, which formed by dark gray dense clays. Concretions are dense, of dark gray or black colour, abundant with fragments of bivalves shells, less often with ammonites, and consist from, wt. %: calcite 85, aragonite 8, quartz 2, apatite 2, pyrite 2 and aluminosilicates 1. From the trace-elements there is Sr with a content of 0,08 wt. %. The contents of radioactive and carcinogenic elements are at background level. Aragonite constitutes the walls of the shells. Calcite is a cement of marl, and also constitutes fragments of shells. Pyrite constitute significant zones mainly in the outer parts of the concretions. In the central parts, it is presented as a rare dissemination. Quartz and aluminosilicates are minerals of bottom sediments. Calcite, apatite and pyrite are secondary minerals formed during the process of diagenesis of marine sediments. Contents of the trace-elements in calcite, wt. %, are: Mg from 0,52 to 2,19 and Mn from 0,34 to 2,13. There is no Fe, which is concentrated in pyrite. The structural features and chemical composition of minerals have been established. Concretions with fossils of the Ulyanovsk region are a technological high-decorative jewelry and ornamental material which allows producing of a wide range of jewelry and souvenirs.

Keywords: jewelry and ornamental raw materials; concretions; fossils; calcite; aragonite; Ulyanovsk region.

В Ульяновской области добываются различные виды ювелирно-поделочного сырья: аммониты, септарии, спектропирит, сенгилит, окаменелое дерево, окаменелости морских рептилий [2, 4–6]. В начале 2000-х гг. на российском рынке появился

несценция изучена под ультрафиолетовой лампой «Multispec System Eickhorst» с λ 254 и 365 нм. Минеральный состав установлен рентгенографическим количественным фазовым анализом (РКФА) на установке «X'Pert PRO MPD». Электронно-зон-



Рис. 1. Конкреция с фоссилиями из отложений готерива (а) и кабошоны (б, в); М – мергель, П – пирит, К – кальцит, С – стенки раковин двустворок, выполненные арагонитом, А – раковины аммонитов

широкий ассортимент изделий из пиритизированных конкреций с включениями раковин фоссилий из готеривских отложений, собираемых в окрестностях г. Ульяновска. Из конкреций изготавливают декоративно-интерьерные спилы — панно, шары, яйца, сферы, кабошоны для ювелирных изделий (рис. 1). Изделия из конкреций сегодня пользуются спросом и на мировом рынке [4].

Готеривский ярус представлен верхним подъярусом, образованным тёмно-серыми, местами почти чёрными плотными глинами. В нижней части разреза глины, как правило, сильно загипсованы. В верхней части разреза расположен горизонт песчаных глин мощностью 0,5 м с прослоями гравия, фосфатов и обугленной древесины. В отложениях встречаются известковые конкреции, редко септарии. Мощность отложения около 40 м [1, 3]. Фоссилицированные конкреции приурочены к средней части разреза (зона *Milanowskia speetonensis*).

Методы исследований

Комплекс исследований аммонитов ювелирно-поделочного качества проведён на кафедре минералогии и геммологии МГРИ-РГГРУ, в ФГБУ «ВИМС», ИГЕМ РАН. Он включал определение микротвёрдости, плотности, люминесценции, описание прозрачных шлифов, определение химического состава, электронно-зондовые исследования.

Количественное определение химического состава аммонитов выполнено методом рентгено-спектрального флуоресцентного анализа (РФА) на вакуумном спектрометре последовательного действия Axios MAX Advanced. Оптико-петрографический и минераграфический анализ выполнен с использованием микроскопа «Полам Р-112». Микротвёрдость измерена на микротвердомере «ПМТ-3» с нагрузкой 50 г, выдержкой 15 с. Плотность образцов определялась гидростатическим методом на электронных весах «Sartorius Gem G 150D». Люми-

новые исследования выполнены на микроанализаторе «Jeol JXA-8100», позволяющем установить химический состав по данным локального рентгено-спектрального анализа (ЛРСА), провести анализ образцов в обратнорассеянных электронах (ОРЭ). Содержание кислорода рассчитывалось по стехиометрии.

Результаты исследований

По данным РКФА, конкреции состоят из (мас. %): кальцита 85, арагонита 8, кварца 2, апатита 2, пирита 2 и алюмосиликатов 1. По данным РФА число элементов-примесей невелико. Содержание больше 0,01 мас.% фиксируется только для Sg – 0,08. Отметим отсутствие значимых содержания радиоактивных и канцерогенных элементов. Арагонит выполняет стенки раковин. Кварц и алюмосиликаты являются минералами донного морского осадка. Кальцит, апатит и пирит – вторичные минералы, образованные в процессе диагенеза морского осадка. Кальцит является цементом мергеля, выполняет фрагменты раковин фоссилий, трещинки и небольшие пустоты.

Конкреции — плотная мергелистая порода тёмно-серой и чёрной окрасок с желтовато-коричневыми фрагментами, насыщенная раковинами фоссилий. Конкреции сильно пиритизированы. Пирит концентрируется преимущественно во внешних частях конкреций, где образует сплошные выделения. В центральных частях конкреций пирит присутствует в виде мелкой вкрапленности. Плотность мергеля 2,6–3,1 г/см³, она зависит от количества включений пирита. Плотность кальцита 2,7 г/см³.

Фоссилии представлены раковинами двусторчатых моллюсков и реже аммонитами (рис. 1). Толщина стенок раковин 0,5–3 мм, а при косом срезе увеличивается до 5–10 мм. Перламутр различных оттенков в серых и коричневых тонах, в отдельных фрагментах просвечивающий. Многие полости ра-

ковин полностью не минерализованы. Стенки пустот инкрустированы мелкими — < 1 мм, кристаллами кальцита или пирита. Кальцит, выполняющий полости раковин, желтовато-коричневой и светло-жёлтой окраски, просвечивающий, в фрагментах полупрозрачный.

Твёрдость конкреций определяется минеральным составом. Микротвёрдость, кг/мм²: мергеля 229, кальцита, выполняющего полости раковин, 230, арагонита стенок раковин 266. Микротвёрдость пиритизированных фрагментов возрастает до 1180 кг/мм². Люминесцируют стенки раковин двустворок в желтовато-коричневых тонах.

Изучение прозрачных шлифов и электронно-зондовые исследования позволили детализировать минеральный состав и строение конкреций с фоссилиями. Стенки раковин выполнены арагонитом и заместившим его кальцитом (рис. 2, 3). Кальцит часто занимает центральные части стенок. Кристаллы призматические, длинной стороной ориентированы вдоль стенки, до 0,3 мм в длину. Присутствуют фрагменты, в которых разрозненные призматические кристаллы кальцита находятся в арагоните, отражая начальную стадию разрушения стенки (рис. 2, в). По данным ЛРСА в арагоните из элементов-примесей фиксируются, мас. %: Na от 0,0 до 0,83 и Sr от 0,0 до 1,06, в отдельных участках отмечены Mg до 0,10 и Fe до 0,14.

Раковины фоссилий выполнены кальцитом, иногда в сочетании с мергелем (рис. 2, а). Минерализация раковин проходила поэтапно. Вдоль стенок раковин расположен слой шириной около 0,3

мм, образованный мелкими призматическими кристаллами кальцита, ориентированными перпендикулярно стенкам. На этот слой нарастают более крупные кристаллы, выполняющие полностью полость. Кальцит призматический, слабо и сильно удлиненной формы. Присутствуют изометричные кристаллы, соответствующие торцевым срезам. Кристаллы плотносросшиеся, разноориентированные, размер их колеблется от 0,1 до 2 мм по длинной оси. Характерны полисинтетические двойники. Угасание ровное, волнистое, веерное, отражающее различные условия кристаллизации. Число пор и включений невелико. Они расположены преимущественно вдоль стенок раковин, что позволяет получать высокую степень полировки.

Кальцит выполняет также прожилки вдоль внешних сторон стенок раковин и мелкие трещинки в мергеле и арагоните (рис. 2, б). Ширина прожилков от 0,03 до 0,6 мм. В мелких прожилках размер кристаллов соответствует их ширине. Более крупные прожилки имеют зональное строение. Вдоль контактов с мергелем проходит слой шириной около 0,03 мм, образованный призматическими кристаллами, ориентированными перпендикулярно стенкам. На этот слой нарастают более крупные — до 0,3 мм, кристаллы, выполняющие основное пространство прожилка. Кристаллы плотносросшиеся, разноориентированные, более изометричной формы, чем внутри раковин.

По данным ЛРСА в кальците из элементов-примесей фиксируются, мас. %: Mg от 0,52 до 2,19, Mn от 0,34 до 2,13. Практически отсутствует Fe, кото-

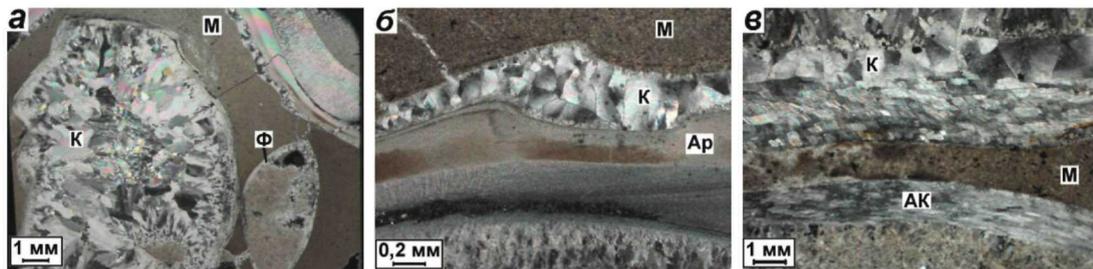


Рис. 2. Прозрачный шлиф конкреции с фоссилиями: а — общий вид фрагмента; б, в — фрагменты минерализованных фоссилий в мергеле; Ф — минерализованные фоссилии, М — мергель, Ap — арагонит, выполняющий стенки раковин, К — кальцит, АК — смесь арагонита и кальцита

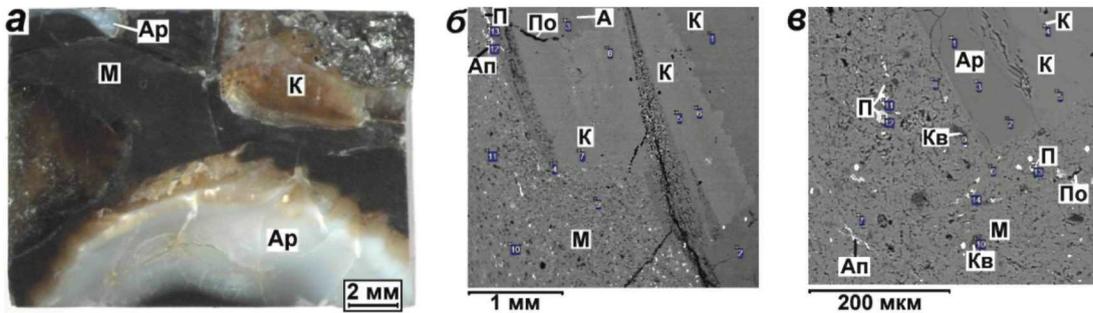


Рис. 3. Аншлиф конкреции с включениями минерализованных раковин фоссилий (а) и фрагменты в ОРЭ (б, в): Ap — арагонит, выполняющий стенки раковин, К — кальцит, выполняющий раковины, М — мергель; включения: П — пирита, Ап — апатита, Кв — кварца; По — поры, 1–14 — номера спектров

рое фиксируется в двух спектрах, содержание — 0,23 и 0,26 мас. % (табл. 1). Отсутствие в кальците Fe является характерной чертой и связано с его концентрацией в виде пирита.

Таблица 1

Химический состав кальцита по данным ЛРСА

Содержание элемента, мас. %				
Mg	Mn	Fe	Ca	O
0,52–2,19 1,37	0,34–2,13 0,97	0,00–0,26 0,02	33,12–36,64 35,14	14,60–16,26 15,42

Примечание. Над чертой — максимальное и минимальное содержания, под чертой — среднее по 22 спектрам.

ются Na, Mg, Al, Si, S, K, Mn, Fe, указывающие на его тесное срастание помимо кальцита с алюмосиликатами, пиритом. Апатит развивается вдоль стенок раковин, замещает кальцит.

Включения кварца (до 30 мкм) изометричной и слабовытянутой форм, с нечётким контуром (рис. 3, в). В спектрах помимо высоких содержаний Si и O отмечены низкие содержания Al — до 0,13 и Ca — до 0,80 мас. %, указывающие на срастание кварца с кальцитом и алюмосиликатами. Включения кварца связаны, вероятно, как с донным терригенным осадком, так и с вторичным его образованием в процессе диагенеза.

Таблица 2

Химический состав апатита по данным ЛРСА

Номер спектра	Содержание элемента, мас. %												
	F	Na	Mg	Al	Si	S	Cl	K	Mn	Fe	P	Ca	O
1	2,45	0,76	0,22	0,62	1,20	0,78	0,13	0,09	0,29	1,12	12,74	32,82	33,34
2	3,13	0,41	0,21	2,42	1,36	0,19	0,09	0,14	0,22	0,55	12,05	31,48	32,54

Мергель тонкодисперсный, размер зёрен преимущественно < 0,01 мм, структура пелитовая (рис. 2, б, в). Присутствуют фрагменты, выполненные преимущественно кальцитом с размером зёрен до 0,02 мм. В мергеле отмечено большое число включений пирита размером до 0,3 мм. Форма включений округлая, вытянутая со сложным контуром, характерны микротрещинки, выполненные пиритом. В основном включения расположены вдоль стенок раковин. Присутствуют они в небольшом количестве и в стенках раковин (рис. 3, б, в).

Выделения апатита слабо вытянутой формы, с чётким контуром, размером до 100 мкм (рис. 3, б, в). По данным ЛРСА, его можно отнести к гидроксифторапатиту (табл. 2). Содержание F достигает 3,13 мас. %. Присутствует также Cl — до 0,13 мас. %. Из нехарактерных для апатита элементов фиксиру-

Технологической особенностью конкреций с фоссилиями является их лёгкое раскалывание по контактам раковин. Этому способствует и большое число в раковинах неминерализованных пустот. В связи с этим кабошоны изготавливают на подложке также из мергеля. При изготовлении кабошонов полости раковин часто присыпают кристаллами пирита, повышающими декоративность изделий. Поверхность конкреций хорошо полируется до стеклянного блеска. Участки конкреций, выполненные преимущественно пиритом на полированной поверхности серовато-жёлтого цвета, с металлическим блеском. Конкреции с фоссилиями Ульяновской области являются технологичным, высокодекоративным ювелирно-поделочным материалом, позволяющим изготавливать широкий ассортимент ювелирных и сувенирных изделий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Барабошкин Е.Ю. Палеогеография Восточно-Европейской платформы и ее южного обрамления в раннем мелу // Серия аналитических обзоров «Очерки по региональной геологии России». Вып. 1. М.: Геокарт, GEOS, 2005. С. 201–232.
2. Буканов В.В. Цветные камни. Геммологический словарь. СПб., 2001. 416 с.
3. Геология СССР. Поволжье и Прикамье. Т. XI. Ч. 1. Геологическое описание / Под ред. А.В. Сидоренко М.: Недра, 1967. 872 с.
4. Петроченков Д.А. Камнесамоцветное сырьё Ульяновской области // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2006. № 5. С. 319–323.
5. Петроченков Д.А. Структурные особенности и минеральный состав раковин готеривских аммонитов Ульяновской области // Изв. вузов. Геология и разведка. 2006. № 5. С. 26–30.
6. Петроченков Д.А. Спектропирит — новый вид ювелирного материала // Доклады XI Международной конференции «Новые идеи в науках о Земле». Т. 1. М., 2013. С. 273–275.

REFERENCES

1. Baraboshkin E.Yu. Palaeogeography of the East European Platform and its southern framework in the Early Cretaceous. *A series of analytical reviews «Essays on regional geology of Russia»*, 2005, vol. 1, M., Geokart. GEOS (Publ), pp. 201–232 (In Russian).
2. Bukanov V.V. *Colored stones. Gemological dictionary*. Saint Petersburg, 2001, 416 p. (In Russian).
3. *Geology of the USSR. The Volga region and the Kama region. Geological Description*. Vol. XI, no. 1, 1967, Ed. A.V. Sidorenko. M., Nedra Publ, 872 p. (In Russian).
4. Petrochenkov D.A. Colored-stone raw materials from Ulyanovsk region. *Mining informational and analytical bulletin (Scientific and technical journal)*, 2006, vol. 5, Moscow, MSMU (Publ.), pp. 319–323. (In Russian).
5. Petrochenkov D.A. Structural features and mineral composition of hauterivian ammonites from Ulyanovskaya area. *Izvestiya vuzshikh uchebnykh zavedeniy. Geologiya i razvedka*, 2006, no. 5, pp. 26–30. (In Russian).
6. Petrochenkov D.A. Spectropryrite — a new kind of jewelry material. *Reports of the XI International Conference «New Ideas in the Earth Sciences»*, vol. 1, M., 2013, pp. 273–275. (In Russian)

ХРОНИКА

УДК 56

О РАЗВИТИИ ПАЛЕОНТОЛОГИИ НА МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНОЙ
КОНФЕРЕНЦИИ «НОВЫЕ ИДЕИ В НАУКАХ О ЗЕМЛЕ»

Л.В. НОВГОРОВОДА, И.А. ЩЕГЛОВ, В.Н. КОМАРОВ

*ФБГОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе»
23, Миклухо-Маклая ул., г. Москва 117997, Россия
e-mail: komarovmgi@mail.ru*

DISCUSSIONS ABOUT THE DEVELOPMENT OF THE PALEONTOLOGY
AT THE INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE
«NEW IDEAS IN THE EARTH SCIENCES»

L.V. NOVGORODOVA, I.A. SHCHEGLOV, V.N. KOMAROV

*Russian State Geological Prospecting University
23, Miklukho-Maklay's street, Moscow 117997, Russia
e-mail: komarovmgi@mail.ru*

Вот уже 25 лет в стенах МГРИ-РГГРУ, головного вуза горно-геологического профиля в России, один раз в два года традиционно проводится Международная научная конференция «Новые идеи в науках о Земле». Данный форум демонстрирует высокий научный потенциал геологического сообщества России в самых различных областях знания, в том числе и в области палеонтологии.

За период с 1993 по 2017 гг. было сделано и опубликовано 107 докладов по палеонтологической тематике: 105 авторов из 33 организаций — высших учебных заведений, научно-исследовательских институтов, производственных учреждений и музеев (Башкирский государственный университет, ГИН РАН, Геологический институт Кольского НЦ РАН, Дальневосточный геологический институт ДВО РАН, Институт геологии и геохимии УрО РАН, Институт геологии нефти и газа СО РАН, Институт геохимии СО РАН, ИЛ РАН, Иркутский институт химии СО РАН, МГУ, МГРИ-РГГРУ,

НИИ геологии СГУ, ПИН РАН, ТГУ, Тихоокеанский океанологический институт ДВО РАН, УГГА, ФГУНПП «Аэрогеология», ЯНИГП ЦНИГРИ АК «АЛРОСА», Ярославский государственный педагогический университет и др.). Территориальная принадлежность авторов обширна. Это Россия (Апатиты, Владивосток, Екатеринбург, Иркутск, Мирный, Москва, Новосибирск, Петрозаводск, Саратов, Сыктывкар, Томск, Уфа, Ярославль), Азербайджан (Институт Геологии НАН), Индия (Университет Перияр, Салем), Ирак (Университет Аль-Кадисия), Нидерланды (Университет Утрехта), США (Музей Северной Аризоны, Флагстаф). Общее число палеонтологических докладов за историю конференции изменялось довольно значительно с особенно заметными максимумами в 2001 (14 докладов) и 2009 (13) гг. Меньше всего их было подготовлено в 1993 г. (2).

Палеонтология представляет собой сложно структурированную науку, многие направления,

теоретические и практические вопросы которой в той или иной степени нашли отражение в материалах конференции.

Большинство опубликованных докладов палеонтологической тематики (50,5%) развивает классическое биостратиграфическое направление. Во многих докладах на примере отдельных стратиграфических интервалов (а это суммарно все системы фанерозоя за исключением кембрия и неогена) и отдельных регионов (Россия, Азербайджан, Восточные Альпы, Кипр, Ирак, Монголия, Южная Индия) детально проанализировано стратиграфическое значение, в том числе и корреляционный потенциал различных групп окаменелостей. Во многих обобщающих работах изложены результаты расчленения разрезов по комплексу ископаемых. Яркими примерами этого являются исследования Ю.И. Андронниковой, А.И. Ситновой и Т.Т. Шарковой (МГРИ-РГГРУ) по девону Монгольского Алтая, а также А.А. Касумзаде (Институт Геологии НАН Азербайджана) по титонскому ярусу Малого Кавказа. Убедительностью материалов отличаются работы, в которых отражены результаты изучения разрезов, которые могли бы послужить в качестве эталона для обоснования объёмов и положения границ ряда стратонтов. Значительное место в докладах уделено совершенствованию и детализации зональных биостратиграфических последовательностей. Многочисленные публикации содержат информацию, уточняющую наши представления о вертикальном распространении отдельных таксонов, что, безусловно, способствует более надёжному обоснованию возраста отложений.

На конференции регулярно докладывались материалы, касающиеся различных вопросов комплексных палеоэкологических исследований — они занимают второе место (17,7%).

В докладах на самых разных примерах наглядно показана возможность восстановления палеогеографических условий и образа жизни организмов (фораминиферы, радиолярии, строматопораты, склерактинии, двустворки, аммониты, диатомовые водоросли, наземная флора) минувших геологических эпох. Реконструкции биоценологических группировок включают сведения о систематическом составе, плотности, а также о взаимоотношениях между организмами и средой их обитания. Особое значение имеют обобщающие исследования Г.Н. Садовникова (МГРИ-РГГРУ), в которых отражены основные направления и методы комплексного литолого-палеоэкологического изучения неморских палеоэкосистем рубежа пермского и триасового периодов Центральной Евразии, а также работы О.В. Богоявленской (Уральская государственная горно-геологическая академия), посвящённые палеоэкологии строматопорат Уральского палеобассейна. Целостное впечатление создают у читателя работы по выявлению уровней как

местных, так и глобальных экосистемных перестроек. Интересным примером может служить анализ Л.Г. Брагиной (ГИН РАН) аноксигенного события на рубеже сеномана и турона и его воздействия на комплексы радиолярий, а также исследование В.М. Подобиной (Национальный исследовательский Томский государственный университет) динамики изменения таксономического разнообразия фораминифер на рубеже мезозоя и кайнозоя в Западной Сибири. Значительное место в докладах уделено изучению фациальной приуроченности ископаемых остатков. Очень поучительны примеры использования экозон для детальной биостратиграфии, в частности при расчленении Г.Н. Садовниковым (МГРИ-РГГРУ) триасовых и юрских отложений хребта Эльбурс (Иран).

Третье место (10,2%) занимают доклады, в которых подводятся итоги всесторонних палеобиогеографических исследований. Они знакомят читателей с закономерностями распространения отдельных групп фауны, влиянием на него геодинамических процессов и вариантами палеобиогеографического районирования ряда регионов (Западная Сибирь, Арктика) в различные моменты геологической истории. Большим диапазоном фактического материала отличается доклад В.А. Захарова (ГИН РАН), а также сотрудников СНИИГГиМС Н.И. Крупнина, Б.Н. Шурыгина, С.В. Меледина и Б.Л. Никитенко, посвящённый палеонтологическим свидетельствам существования мезозойского океана в Арктике. В нём сделан вывод о том, что наличие таксономически разнообразных морских беспозвоночных в окраинных и внутренних кратонных циркумарктических морях подтверждает представления о постоянном присутствии океана на территории Арктики в течение всего мезозоя. Значительный интерес представляют обобщающие работы Н.Ю. Брагина (ГИН РАН), посвящённые палеобиогеографическому распространению триасовых радиолярий. Важное методическое значение имеют доклады, в которых рассказывается об использовании данных палеобиогеографии для решения конкретных практических задач. В частности Т.Н. Палечек (ГИН РАН) показала, что в сложнопостроенных зонах аккреции радиолярии могут служить прямым доказательством значительного сближения разнородных тектонических пластин.

Систематически на конференции заслушивались сообщения, освещающие проблемы микроструктурных исследований — по общему числу они занимают четвертое место (5,6%). В частности, в докладах В.Н. Комарова (МГРИ-РГГРУ) сообщается о результатах изучения с помощью сканирующего электронного микроскопа структуры ринхолитов и отдельных скелетных образований брахиопод. Эти материалы дают важную информацию об изменениях (в том числе носящих закономерный ритмичный характер) секреторной деятельности

скелетообразующих тканей, способствуют выяснению вопроса об уровне структурной однородности групп и их соответствия таксономическому разнообразию ископаемых. Важное методическое значение имеют микроструктурные исследования Л.Г. Пороховниченко (Национальный исследовательский Томский государственный университет) ангарских кордаитовых. Морфологические и эпидермальные признаки листьев рассматриваются с морфолого-функциональных позиций как специализированные функциональные ткани, строение которых отражает оптимальное состояние равновесия обменно-физиологических процессов между средой и растением. В результате применения нового подхода выделены признаки, характеризующие таксоны минимального ранга, уточнены объёмы видов, определено таксономическое значение различных морфолого-эпидермальных признаков и выяснены филогенетические соотношения между основными таксонами. Новая систематика листьев кордаитовых, отражающая соподчинённость морфологических и эпидермальных признаков на последовательных таксономических уровнях может быть использована для целей детальной стратиграфии. Существенный интерес представляют материалы М.И. Акименко и А.А. Цициновой (МГРИ-РГГРУ), которые знакомят читателей с результатами структурного исследования биогенного апатита, позволившими выявить аналогии в микростроении раковин беззамковых брахиопод рода *Obolus* и костной ткани позвоночных животных.

Пятое место (по 2,8%) делят исследования в области палеонтологии докембрия и биосферного направления.

В докладах подробно показано значение цианобактериальных сообществ для стратификации, корреляции и геологического картирования нижнепротерозойских толщ. На основе биостратиграфического сопоставления по строматолитам горизонтов рифея и венда складчатого обрамления юга Сибирской древней платформы с горизонтами Учуро-Майского региона Т.А. Дольнику и С.А. Анисимовой (ФГУП ВостСибНИИГГиМС) удалось уточнить соотношения региональных стратонев Южной Сибири с общей стратиграфической шкалой верхнего докембрия. Д.В. Гражданкиным (ПИН РАН), А.В. Масловым и М.Т. Крупениным (ИГГ УрО РАН) подробно реконструирована фациально-климатическая зональность и экологическая структура эдиакарской биоты венда. Это позволило пролить свет на проблему происхождения первичного биотопа многоклеточных животных, поскольку именно эдиакарские организмы подготовили почву для кембрийского эволюционного взрыва.

В рамках биосферного направления Ю.М. Малиновский (ГИН РАН) предлагает выделить новую область знания в науках о Земле — геологию биосферы, основным назначением которой должно

стать изучение биосферных ритмов — нелинейной реакции биосферы на различные внешние воздействия. Очень привлекательными для самого широкого круга читателей представляются материалы, в которых рассказывается об изменении органического мира на тех или иных рубежах и причинах этих преобразований. В частности, Н.И. Курушин (СНИИГГиМС) сделал вывод о том, что массовые вымирания не были внезапными, катастрофическими, а происходили постепенно, неравномерно и выборочно. Эволюция и перестройки органического мира зависели от влияния космических и эндогенных факторов, которые определяли климатические флуктуации, особенности тектогенеза, эвстатические изменения уровня Мирового океана и другие масштабные явления.

На долю всех остальных публикаций палеонтологической тематики приходится 10,4%.

В докладах О.Н. Кокорева (МГРИ-РГГРУ) по тафономии юрских аммонитов, а также И.В. Новикова, В.Р. Алифанова, О.А. Лебедева и А.В. Лаврова (ПИН РАН) по верхнебатским позвоночным детальный анализ процессов захоронения остатков сочетается с восстановлением условий динамического режима формирования местонахождений и рассмотрением вопросов их тафономической классификации.

Убедительностью материалов отличаются таксономические работы, посвящённые ревизии палеонтологической систематики отдельных групп ископаемых организмов, выполненной, в частности, В.Н. Комаровым и А.О. Андруховичем (МГРИ-РГГРУ) для танетских гладких теребратулид Юго-Западного Крыма.

В работах С.Ю. Маленкиной (ГИН РАН), рассматривающих проблемы палеобиогеохимии, проанализирована роль ископаемых организмов в процессе формирования ряда полезных ископаемых, в частности фосфатных желваков.

В ряде докладов реализованы новые подходы к совершенствованию методов палеонтологических исследований. Среди них можно отметить перспективные разработки Ю.Л. Войтеховского (Геологический институт Кольского НЦ РАН) в области комбинаторного анализа полиэдрических зелёных водорослей и радиолярий, а также оригинальную методику, предложенную Г.В. Калмычковым, С.С. Костровой (Институт геохимии СО РАН) и Б.Г. Покровским (ГИН РАН) для выделения чистых препаратов створок диатомовых водорослей из любых донных четвертичных осадков, включая те, в которых содержание створок минимально. Следует также упомянуть работы М.А. Турловой, М.К. Данукаловой, Д.К. Ерназаровой и А.Г. Кубановой (МГРИ-РГГРУ), связанные с применением реплик для изучения микроскульптуры раковин двустворок.

Большое внимание на конференции было уделено вопросам сохранения палеонтологических

памятников. В частности, Г.Н. Садовниковым (МГРИ-РГГРУ) было отмечено, что наличие в пределах плато Путорана, а также по его периферии множества местонахождений ископаемых животных и растений позволяет считать, что данный объект всемирного наследия удовлетворяет ещё одному важному критерию, так как является выдающимся образцом главных этапов истории Земли. Это позволяет ставить вопрос о необходимости расширения содержания и территории объекта всемирного наследия «Плато Путорана». Весьма актуальны материалы доклада В.А. Чермных (ИГ КНЦ УрО РАН), в котором обосновывается создание территориального палеонтологического регистра, предполагающего ревизию коллекций окаменелостей, списков определенных из отчетов и опубликованных работ, создание регистрационных журналов всех обнаруженных в регионе видов, точных координат находок и названий стратиграфических подразделений.

В докладе Л.Е. Бурштейна и В.Н. Комарова (МГРИ-РГГРУ) рассмотрен пример составления компьютерного варианта палеонтологической базы данных, представляющей собой систему взаимосвязанных таблиц. База данных подготовлена на основе 44 видов брахиопод из нижнего мела Юго-Западного Крыма и позволяет по серии диагностических признаков идентифицировать находку, а по названию вида получать о нём исчерпывающие полные данные.

Совсем небольшую долю составляет памятный доклад В.Н. Комарова (МГРИ-РГГРУ), посвященный научному наследию крупнейшего естествоиспытателя академика М.В. Ломоносова (к 250-летию со дня смерти) и анализирующий значение его трактата «О слоях земных» для развития палеонтологии.

Проведенный анализ показывает, что представленный в докладах конференции материал хорошо обоснован. Он основывается на данных изучения

большого количества различных групп ископаемых организмов. Среди них можно указать строматолиты, фораминиферы, радиолярии, губки, строматопораты, табуляты, склерактинии, остракоды, конхостраки, насекомые, двустворки, гастроподы, аммониты, белемниты, ринхолиты, брахиоподы, криноидеи, конодонты, диатомовые и зелёные водоросли, динофлагеллаты, кокколитофориды, разнообразную наземную флору, рыб и различных тетрапод (анкилозавры, антракозавры, лабиринтодонты, черепахи).

Географическое распределение использованных в ходе исследований окаменелостей различно. Основная их масса найдена на территории России (Арктика, озеро Байкал, Большой Кавказ, Восточно-Европейская платформа, Горный Крым, Западная Сибирь, Новосибирские острова, Охотское море, Северо-Восток России, Средне-Сибирское плоскогорье, Таймыро-Верхоянская область, Тимано-Печёрская провинция, Урал, Якутия и др.). Остальные формы обнаружены в Азербайджане, Восточных Альпах, Ираке, Иране, Монголии, Южной Индии, а также на Кипре.

Проводимая МГРИ-РГГРУ Международная научная конференция «Новые идеи в науках о Земле» приобретает всё больший авторитет в научных кругах. Своё достойное отражение в её научных и методических материалах нашли и основные проблемы палеонтологии, а также основные тренды её развития. На протяжении четверти века конференция обеспечивает масштабный обмен палеонтологической информацией, содействует объединению творческих усилий специалистов высших учебных заведений, научных и производственных организаций и позволяет расширить их кооперацию в обсуждении и решении актуальных вопросов палеонтологии.