

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ИЗВЕСТИЯ
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

ГЕОЛОГИЯ И РАЗВЕДКА

НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

№ 3
МАЙ—ИЮНЬ

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, доступном 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 неперiodических 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.raspp.ru/files/documents/1_2_kirillovmetrec_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. Щурова (отв. секретарь)**

Сдано в набор 15.05.2018.
Бумага офсет. № 1
Уч.-изд л. 10,50.

Подписано в печать 15.06.2018.
Гарнитура Таймс
Тираж 200 экз.

Формат 60 90/8.
Усл. печ. л. 10,50.
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 «Изв. вузов. Геология и разведка», 2018

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ
ГЕОЛОГИЯ И РАЗВЕДКА
2018, № 3

СОДЕРЖАНИЕ

Геология

- Колодяжный С.Ю. Долгоживущие структурные ансамбли Восточно-Европейской платформы. Статья 2. Строение кровли фундамента 5

Минералогия, петрография, литология

- Зинчук Н.Н. О литолого-минералогических особенностях древних алмазоносных осадочных толщ 15
- Рязанцев А.В., Пилицына А.В., Новиков И.А., Дегтярев К.Е. Каменноугольный $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ возраст редкометалльных риолитов и игнимбритов в Сакмарском аллохтоне Южного Урала, их особенности состава и обстановки формирования 23

Полезные ископаемые, методика их поисков и разведки

- Малютин С.А. Позднепалеозойский щелочно-гранитоидный магматизм Южного Казахстана и его участие в строении рудоносных вулканических сооружений Кендыктас-Чу-Или-Бетпакалинской ураноносной провинции 33
- Осипов А.В., Бондарев А.В., Мустаев Р.Н., Монакова А.С., Захарченко М.В., Минлигалиева Л.И.

- Результаты геолого-съёмочных работ на восточном борту южной части Предуральяского прогиба 42

Геофизические методы поисков и разведки

- Антонов Ю.В. О возможной приуроченности землетрясений к экстремумам лунно-солнечных вариаций силы тяжести . . 51

Геоэкология

- Фисун Н.В. Экологический потенциал эколого-гидрогеологических систем в зоне влияния Кучинского полигона твёрдых бытовых отходов (Московская область) 58

Из истории науки

- Романова В.В. История открытия и освоения Иультинского оловянно-вольфрамового месторождения 65
- Щеглов И.А., Ахунов Ф.Ф., Еременко Р.У., Комаров В.Н. У истоков биостратиграфии (к 250-летию со дня рождения Вильяма Смита) 74

Хроника

- Туров А.В., Андрухович А.О., Комаров В.Н. XI научные чтения, посвящённые памяти профессора М.В. Муратова . . 81

CONTENTS

Geology	
Kolodyazhny S.Y. Long-lived structural ensembles of the East European platform. Article 2. The structure of the top of the basement	5
Mineralogy, petrography, lithology	
Zinchuk N.N. About lithomineralogical composition of ancient sedimentary diamondiferous rocks	15
Ryazantsev A.V., Pilitsina A.V., Novikov I.A., Degtyarev K.E. Carboniferous $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ age of the rare metal-enriched rhyolites and ignimbrites in the Sakmara allochthon of the Southern Urals, their geochemical features and geodynamic setting	23
Useful minerals, methods of their prospecting and exploration	
Maliutin S.A. Late Paleozoic alkali-granitoid magmatism of southern Kazakhstan and its role in the formation of the ore-bearing volcanic structures of Kendyktas-Chu-Ili-Betpak-Dala uranium ore province	33
Osipov A.V., Bondarev A.V., Mustaev R.N., Monakova A.S., Zakharchenko M.V., Minligalieva L.I. Results of geological survey in the eastern side of the southern part of the Pre-Urals foredeep	42
Geophysical methods of prospecting and exploration	
Antonov Yu.V. About a possible connection between earthquakes and lunar-solar gravity variations	51
Geoecology	
Fisun N.V. Ecologic potential of the environmental and hydrogeological systems in the area of Kuchinsky municipal solid waste landfill (Moscow region)	58
From the history of science	
Romanova V.V. Discovery and development of Iultinskoye tungsten deposit	65
Shcheglov I.A., Akhunov F.F., Eremenko R.U., Komarov V.N. At the beginning of the biostratigraphy (to the 250th anniversary of the birthday of William Smith)	74
Chronics	
Turov A.V., Andrukhovich A.O., Komarov V.N. XI scientific readings, devoted to the Memory of Professor M.V. Muratov	81

ГЕОЛОГИЯ

УДК 551.243 (571.1)

**ДОЛГОЖИВУЩИЕ СТРУКТУРНЫЕ АНСАМБЛИ ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ
ПЛАТФОРМЫ. СТАТЬЯ 2. СТРОЕНИЕ КРОВЛИ ФУНДАМЕНТА**

С.Ю. КОЛОДЯЖНЫЙ

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

На основе современных картографических данных рассмотрены особенности тектоники кровли фундамента Восточно-Европейской платформы (ВЕП). Показана важная роль долгоживущих тектонических нарушений, образующих вихревую мегаструктуру. В рифее и раннем венде их развитие было связано с активизацией палеопротерозойских тектонических зон, которые трансформировались в палеорифты (авлакогены). Системы авлакогенов ВЕП имеют признаки нелинейного строения и развития: их эволюция протекала в режиме транстенсии в асимметрично организованном пространстве между активной и пассивной окраинами палеоконтинента; для многих палеорифтов характерны клиновидная в плане форма, признаки асимметричного рифтинга и вращения блоков, сложное сочетание элементов тектоники сдвиговых зон и пологих detach-ментов, вихревой мегаструктурный рисунок всей системы нарушений. Процессы знакопеременного вращения ВЕП с использованием модели «ирисовой диафрагмы» объясняют многие закономерности развития долгоживущей вихревой структуры.

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

**LONG-LIVED STRUCTURAL ENSEMBLES OF THE EAST EUROPEAN PLATFORM.
ARTICLE 2. THE STRUCTURE OF THE TOP OF THE BASEMENT**

S.Y. KOLODYAZHNY

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

The basement's top tectonics of the East European platform (EEP) has been considered on the basis of the modern mapping data. The importance of the long-lived tectonic zones that form the vortex megastructure has been justified. Their Riphean — early Vendian evolution was associated with activation of the Paleoproterozoic tectonic zones, which were transformed into paleorifts (aulacogens). The systems of the EEP aulacogens show the features of nonlinear structure and development: their evolution proceeded in the mode of transtension inside asymmetrically organized space between the active and passive paleocontinental margins; most of the paleorifts display wedge-shaped morphology, signs of asymmetric rifting and blocks rotation, a complex combination of elements of shear zones and gentle detachment zones tectonics, the vortex megastructure of the entire rifts system. Using an «iris diaphragm» model and the reconstructions with reversing plate rotation makes possible to explain the main patterns of the long-lived vortex structure of the EEP.

Keywords: intraplate tectonics; geodynamics; shear zone; rifting; paleorift (aulacogen); kinematics; vortex structure; East European platform.

В статье 1 данного цикла [11] рассмотрены особенности тектоники архей-протерозойского фундамента Восточно-Европейской платформы (ВЕП) и отмечена важная роль долгоживущих тектонических зон и поясов, которые образуют гигантскую вихревую структуру. Особенности строения кровли фундамента и осложняющих её палеорифтов (авлакогенов) позволяют проследить дальнейший путь развития этих структур на плитном этапе. Созданная для этой цели структурная карта основана на синтезе опубликованных данных [1, 2, 4, 5, 7, 11, 14, 16—18], а также картографических материалов листов новой серии Государственной геологической карты Российской Федерации (м-б 1:1000000), составленных во ВСЕГЕИ (рис. 1).

Строение кровли фундамента

В структуре поверхности кровли фундамента ВЕП обособлены крупные тектонические элементы: щиты и выступы кристаллического основания, депрессии и поднятия, узкие грабенообразные структуры, составляющие системы палеорифтов (авлакогенов), а также зоны перикратонных опусканий (рис. 1). Крупнейшие морфоструктуры расположены асимметрично: в западной части платформы развита субмеридиональная полоса поднятий, включающая Украинский и Балтийский щиты, между которыми развита цепь седловин и антеклиз. Эта система поднятий на протяжении всего периода развития ВЕП выступала в роли водораздела или подводной перемычки, разделяющей западные и восточные бассейны осадконакопления. К этой полосе приурочены наибольшие мощности земной коры (до 50—55 км) и наименьшие мощности астеносферы [6]. К западу от поднятий происходит быстрое погружение поверхности фундамента, а к востоку — более постепенное на большом протяжении вплоть до Тимано-Прикаспийских перикратонных прогибов. Изменение высот поверхности фундамента вдоль широтного сечения ВЕП достигает 6—8 км. Элементы диагональной асимметрии ВЕП находят отражение в размещении поднятия Балтийского щита на северо-западе (СЗ) платформы и сопоставимой по размеру глубочайшей (20—22 км) Прикаспийской депрессии в её юго-восточном (ЮВ) углу. Соответственно и мощность земной коры в этих структурах изменяется от 55—45 км до 30—35 км [6]. Локализация структур более высокого порядка обычно обусловлена тектонической позицией авлакогенов, которые расположены в основании фанерозойских синеклиз, либо разделяют крупные поднятия на ряд мелких сводов.

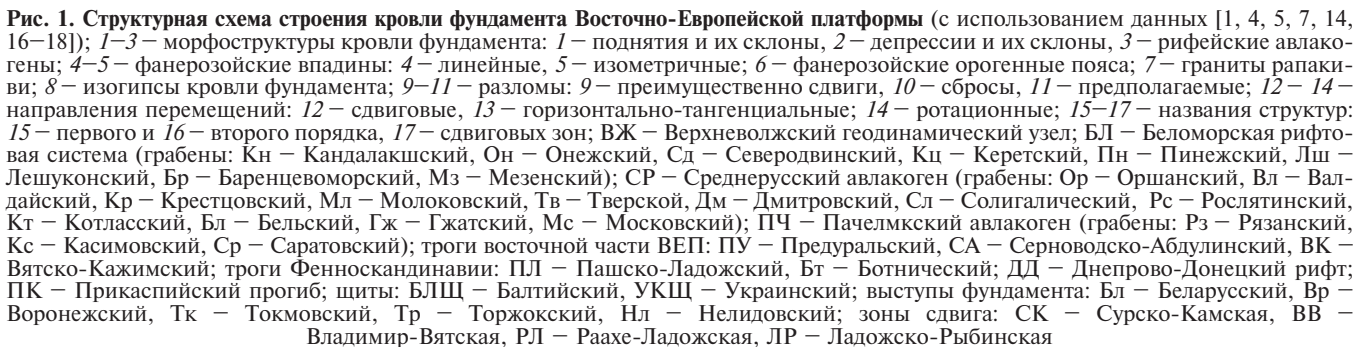
Соотношения структур фундамента и авлакогенов

Многие исследователи отмечали пространственную связь системы рифей-ранневендских авла-

когенов с крупнейшими структурами раннедокембрийского фундамента ВЕП [2, 4, 5, 6, 10, 16—18]. На рис. 2 представлена схема, демонстрирующая эти соотношения. Главные системы рифейских грабенов и прогибов развиты вдоль палеопротерозойских поясов и шовных зон, разделяющих крупнейшие сегменты фундамента ВЕП и, так же, как и они, имеют радиально-спиралевидную вихревую конфигурацию, сочленяясь в центре платформы в районе Верхневолжского геодинамического узла. Коллизионная граница Сарматского и Волго-Уральского сегментов ВЕП на всем протяжении маркируется Пачелмским авлакогеном. Вдоль ЮВ обрамления Лапландско-Беломорско-Среднерусского (ЛБС) палеоорогенного пояса прослеживается Вятско-Кажимский авлакоген, затем наращивающая его к ЮЗ Владимир-Вятская зона сдвига, которая вливается в Московский рифейский грабен. Пашско-Ладужская грабен-синклиналь и ЮВ аппендикс Ботнического грабена приурочены к палеопротерозойской Раахе-Ладужской зоне (рис. 2). Оршанская впадина пространственно связана с областью сочленения Южно-Прибалтийского пояса и Сарматского сегмента ВЕП.

Совокупность грабенов, образующих Среднерусский авлакоген и Беломорскую палеорифтовую систему, расположена в пределах ЛБС пояса и в целом повторяет очертания гигантской дугообразной структуры, которую он образует (рис. 2). Как было показано, в пределах ЮЗ части этой дуги ЛБС палеоороген образует горизонтальную протрузию и имеет синформное строение, подчеркнутое полосами выходов гранулитов в крыльях структуры и в области центриклинали синформы [8, 11]. Центриклинали синформы соответствует фронту протрузии и в виде подковообразной структуры охватывает обширный (порядка 400 км) ареал Верхневолжского геодинамического узла [11, 13]. Система грабенов Среднерусского авлакогена в основном приурочена к северному крылу этой структуры. В области центриклинали рифейские грабены расширяются, выполаживаются (Валдайский грабен) и испытывают плавный изгиб, повторяя внешний контур центриклинали (рис. 2). Переход к южному крылу синформы подчеркивается кулисной цепочкой узких грабенов — Бельским, Гжатским и Московским. Таким образом, Верхневолжский геодинамический узел находит отражение в морфологии поверхности фундамента. Он представляет собой субизометричное поднятие, окаймлённое полузамкнутой системой рифейских трогов, а Тверской грабен разделяет его на Торжокский и Нелидовский выступы (рис. 1).

Северная ветвь ЛБС пояса осложнена наложенной на неё Беломорской палеорифтовой системой, в строении которой участвуют четыре ветви рифтовых структур [1, 2]. На ЮВ главные ветви сходятся в районе Северодвинского грабена, который орто-



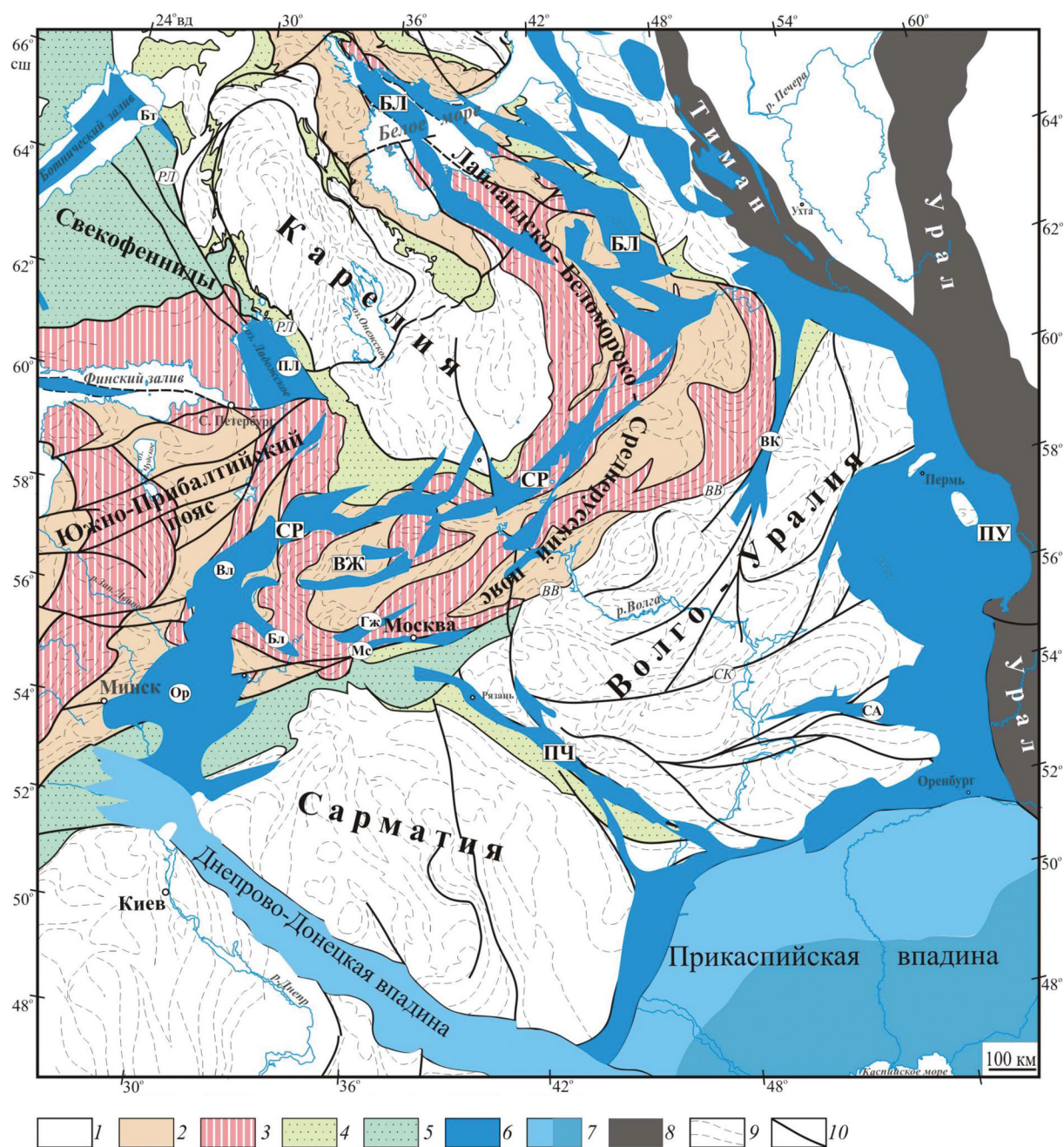


Рис. 2. Схема, иллюстрирующая соотношения структур архей-палеопротерозойского фундамента и системы рифейских авлакогенов; 1 – архей-палеопротерозойские кратоны; 2–3 – палеопротерозойские орогенные пояса (2) и гранулиты (3) в их пределах; 4–5 – палеопротерозойские вулканогенно-осадочные пояса; 6 – рифейские авлакогены; 7–8 – фанерозойские: 7 – впадины, 8 – орогенные пояса; 9, 10 – структуры фундамента: 9 – структурные линии, 10 – разломы; другие усл. обозн. см. рис. 1

гонально сочленяется со Среднерусским авлакогеном в области оротинального изгиба ЛБС пояса (рис.1). Цепочка грабенов ЮЗ окраины Беломорской системы рифтов прослеживается в полосе развития гранулитовых комплексов приосевой части ЛБС пояса и отчасти совпадает с линейной зоной эксгумации глубинных пород на поверхность [2, 8]. Ветви центральной части Беломорского рифта расположены в области СВ границы ЛБС пояса, а Баренцевоморский трог выходит за его пределы и огибает Кольский п-ов.

В ряде работ отмечается важная роль рифтогенных литрических разломов, формирование которых сопряжено с развитием тектонической расслоенности и детачментов в континентальной коре ВЕП [6, 12]. Материалы сейсмопрофилирования МОВ ОГТ (профили 4В, АР-3 и др.) показывают, что в основании Беломорской рифтовой системы прослеживается сквозькорая зона детачмента, полого погружающаяся в СВ направлении [2, 9, 17]. Вдоль неё в сейсмическом разрезе коры дешифрируются структуры горизонтального растяжения,

напоминающие мегабудины, а также элементы тектоники сжатия, представленные надвиговыми дуплексами и складками (рис. 3, в). С ней также сопряжены листрические разломы, контролирующие размещение палеопротерозойских и рифейских рифтовых структур на поверхности. Это позволяет предположить, что зона детачмента развивалась начиная с раннего палеопротерозоя при периодических инверсиях кинематического режима. На одних этапах она функционировала как пологий сброс, связанный с растяжением коры по модели простого сдвига [20], на других — в качестве надвига (рис. 3). В рифее активный сегмент детачмента по отношению к палеопротерозойским структурам сместился к СВ, соответственно мигрировала и область рифейского рифтогенеза (рис. 3, в).

щегося в юго—юго-восточных (ЮЮВ) румбах и контролирующего листрические разрывы и связанные с ними грабены Среднерусского авлакогена [8, 17]. В кристаллическом цоколе последнего на многих участках развиты зоны тектонического меланжа, что подтверждается результатами бурения и сейсмическими данными [17]. Радиоизотопное изучение пород фундамента из этих зон позволило выделить следующие рубежи их развития (в млн лет): 1) формирование магматического протолита — 2488—2516 (U-Pb метод по циркону); 2) бластомилонитизация и пластическое течение в процессе поздне- и постколлизии преобразований около 1750 (U-Pb метод, по сфену); 3) хрупкие деформации растяжения и внедрение даек лампрофиров — 900—1200 (Sm-Nd метод) [17]. Та-

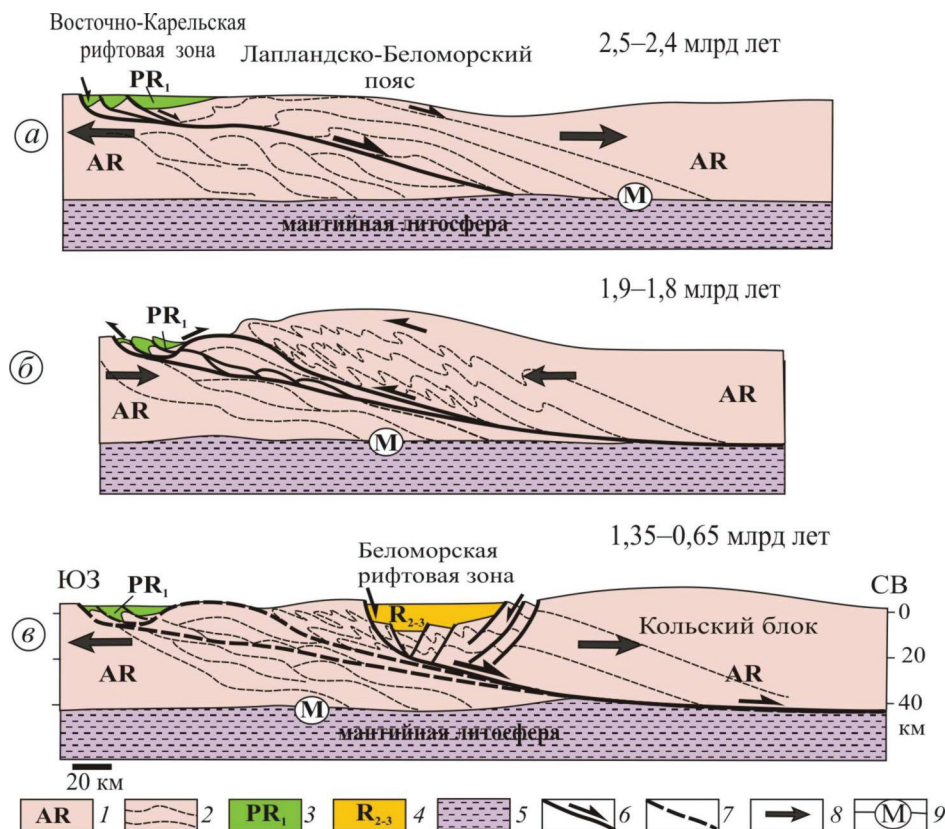


Рис. 3. Стадии развития Беломорской подвижной системы в начале (а) и в конце (б) палеопротерозоя, в среднем—позднем рифее (в) (по [9]): 1 — архейская континентальная кора; 2 — образование Лапландско-Беломорского подвижного пояса; 3–4 — рифтогенные комплексы: 3 — палеопротерозойские; 4 — рифейские; 5 — мантйная литосфера; 6 — разрывы и направления смещений; 7 — пассивные разрывы; 8 — направления сжатия и растяжения; 9 — поверхность Мохо

Во многом аналогичную модель долгоживущих структур сжатия и растяжения, связанных с детачментом, можно предложить и для ЮЗ сегмента ЛБС пояса. Согласно материалам сейсморазведки (профиль 1-ЕВ и др.) в основании пластин палеопротерозойских гранулитов здесь также дешифрируется зона сквозькорового детачмента, погружаю-

щим образом, можно предполагать, что пространственное совмещение рифейских рифтов и древнего ЛБС пояса произошло в результате длительного (палеопротерозой — рифей) развития системы сквозькоровых детачментов, развивавшихся в различных динамических обстановках (коллизии, постколлизии, рифтогенные).

Особенности геологического развития

В позднем протерозое (рифей—ранний венд) окраины ВЕП развивались в диаметрально противоположных обстановках, что согласуется с отмеченной выше асимметрией морфологии кровли фундамента ВЕП, выраженной в преобладании поднятий на западе платформы и депрессий на востоке [16]. Западные окраины ВЕП (современные координаты) на протяжении большей части рифея развивались как активные, с пологой субдукцией под край континента и существенной ролью аккреционных и коллизионных событий. Комплексы рифея формировались здесь в обстановке сжатия и накопления моласс, что на ранних этапах сопровождалось внедрением крупных plutонов гранитов-рапакиви. Лишь в конце рифея—начале венда, в связи с заложением палеоокеана Япетус, здесь проявились процессы деструкции и рифтогенеза [16]. В то же время восточные и южные окраины платформы, прилегающие к Протопацифике и включающие комплекс доуралид (тиманид), развивались как пассивные в обстановке рифтогенеза. Коллизионные процессы здесь проявились лишь в позднем венде, одновременно с рифтогенезом на западе [16].

Существование двух типов окраин во внутренней части ВЕП проявилось в формировании внутрикратонных осадочных бассейнов и системы авлакогенов, в которых накапливались продукты разрушения западных орогенов. Развитие наиболее типичных и крупных авлакогенов проходило асимметрично: преимущественно в восточной части платформы в виде радиальной системы трогов, которые, вероятно, последовательно проникали в центральные части ВЕП начиная от Тимано-Прикаспийской пассивной окраины. В пользу последнего предположения свидетельствуют следующие данные. Отложения нижнего и среднего рифея предполагаются в основании грабенов Беломорской системы [16]. В области её сочленения со Среднерусским авлакогеном в строении последнего развиты только верхнерифейские толщи. В их составе вдоль оси авлакогена с СВ на ЮЗ отмечается выклинивание нижних сероцветных и пестроцветных терригенных толщ, которые сменяются по латерали более молодыми красноцветными молассоидными осадками [17]. В сейсмическом образе последних в ЮЗ части авлакогена (Оршанская впадина) реконструируются клиноформные последовательности, испытывающие погружение и наращивание в ЮЗ и южных румбах [17]. Эти продольные изменения разрезов проявляются на фоне постепенного уменьшения глубины врезания грабенов, выполаживания и одновременного расширения депрессий в ЮЗ направлении. Сумма этих данных указывает на последовательную пропага-

цию Среднерусского авлакогена по направлению с СВ на ЮЗ, начиная от периферийной Беломорской рифтовой системы.

Тектоника авлакогенов

Большинство авлакогенов ВЕП имеют линейно-ветвистую конфигурацию, ориентировано радиально и сходится в районе Верхневолжского узла. В целом они образуют крупную закрученную по часовой стрелке вихревую структуру, которая унаследует аналогичную палеопротерозойскую структуру. Строение авлакогенов ВЕП обычно нарушают малопротяжённые диагональные разрывы, угловые соотношения которых с магистральной зоной позволяют их идентифицировать как мегааналоги синтетических (R) и антитетических (R') сколов Риделя. Также широко развиты небольшие трогги, выступающие в роли оперяющих трещин отрыва, и имеющих близкую к 45° ориентировку по отношению к осям авлакогенов. Структурная позиция и характер асимметричного расположения оперяющих структур позволяют судить о характере палеонапряжений и кинематике сдвиговых смещений. Результаты анализа структурных рисунков представлены на рис. 1 в виде кинематических знаков.

В восточной части ВЕП развиты авлакогены (Пачелмский, Вятско-Кажимский, Серноводско-Абдулинский и др.), которые в виде узких протяжённых клиньев радиально проникают в тело платформы на сотни километров. По направлению к центру ВЕП они выклиниваются, а к периферии, наоборот, — постепенно углубляются и вливаются в перикратонные прогибы. При выклинивании этих структур на их продолжении дешифрируются зоны сдвигов, проникающие в центральные области ВЕП (рис. 1). Оперяющие структуры магистральных трогов авлакогенов указывают на проявление сдвиго-раздвиговых перемещений. В средней части Пачелмского авлакогена отмечается ответвление в виде Касимовского грабена, выступающего в роли диагональной мегатрещины отрыва в области правого сдвига. С такой кинематикой согласуются ромбовидные очертания некоторых сегментов палеорифта, напоминающие правосдвиговые структуры пулл-апарт (рис. 1).

Структуру Среднерусского авлакогена образует разветвлённая система грабенов, имеющих СВ ориентировку. Отдельные трогги по простиранию смещены поперечными и диагональными разрывами, разделены перемычками поднятий, образуют цепочки и часто кулисообразно надстраивают друг друга. По направлению с СВ на ЮЗ система узких грабенов плавно расширяется и раскрывается веером, испытывает виргацию, достигая максимального раскрытия в районе Верхневолжского узла, где трогги пересекают и обрамляют связанное с ним

поднятия, а к западу от него вновь сливаются в широкую, но не глубокую Валдайскую впадину (рис. 1). Строение Среднерусского авлакогена осложняют небольшие трог (Крестцовский, Дмитровский и др.), выступающие в роли диагональных оперяющих структур. Их позиция свидетельствует о проявлении левосдвиговых смещений. Ромбовидные сегменты многих грабенов (Московский, Крестцовский, Молоковский и др.), напоминающие структуры пулл-апарт, и характер их кулисного расположения также указывают на левосдвиговые смещения. Среднерусский авлакоген пересекает Ладожско-Рыбинская конседиментационная зона сдвига, вдоль которой происходит сигмоидальный изгиб и правостороннее смещение главной системы грабенов [16, 17]. Сопряженное развитие левых (вдоль оси авлакогена) и правых (диагональных) сдвиговых смещений свидетельствует о косонаправленном растяжении по линии запад—северо-запад (ЗСЗ) — восток—юго-восток (ВЮВ) (рис. 1). В целом можно отметить, что процессы рифтогенеза Среднерусского авлакогена сопровождались левосдвиговыми перемещениями в режиме трансенсии.

Ранее было высказано предположение, что Среднерусский авлакоген играл роль сдвиговой зоны, по которой происходила компенсация процессов растяжения в рифтовой системе Белого моря [15]. Однако, вероятно, что подобную роль играли лишь Северодвинский и Пинежский грабенообразные прогибы, которые расположены в квадранте присдвигового растяжения СВ фланга рассматриваемой зоны трансенсии. На её ЮЗ фланге аналогичную позицию в квадранте компенсационного растяжения занимают Валдайская и Оршанская впадины. Продольное строение осадочных разрезов Среднерусского авлакогена позволяет полагать, что связанные с ним сдвигораздвиговые перемещения развивались в позднем рифее начиная от области его сочленения с Беломорскими трогами на СВ фланге. К концу рифея и в раннем венде пропация зоны достигла её ЮЗ фланга, где оформились Валдайская и Оршанская впадины, компенсирующие левый сдвиг. На промежуточных этапах роль компенсационных структур на флангах сдвига могли играть грабены (Дмитровский и Тверской), составляющие южные ветви виргации Среднерусского авлакогена (рис. 1).

В строении Беломорской палеорифтовой системы участвуют четыре ветви рифтовых структур [1, 2]. Троги образуют веерообразную структуру: соединяясь в области обширного Северодвинского грабена, они расходятся в северо-западном направлении и при этом многие из них постепенно сужаются и выклиниваются (рис. 1). В плане рифтовые трог имеют чётковидную и более сложную конфигурацию. Нередко они образованы цепочкой ромбовидных грабенов с пулл-апартовой мор-

фологией, расположенных кулисообразно и разделённых диагональными аккомодационными перемычками разрывов и узких поднятий. Пулл-апараты обладают правосдвиговой асимметрией. Такое строение имеет Онежский грабен, образованный линейной цепочкой из трёх пулл-апартовых структур. В пределах Лешуконского трога выделяются три пулл-апарта, образующие правостороннюю кулису. Пинежский грабен может рассматриваться как поликомпозиционный обширный бассейн типа пулл-апарт или в качестве структуры растяжения во фланге Среднерусской зоны трансенсии. Кандалакшский и Северодвинский грабены в плане имеют клиновидный облик, выклиниваются в СЗ направлении, а в максимально раскрытой части срезаются поперечными, возможно, трансформными разломами. Особенности их морфологии могут быть объяснены ножницеобразными перемещениями и относительным вращением смежных блоков, например, Кольского массива (рис. 1).

На сейсмических разрезах многие Беломорские трог имеют облик асимметричных полуграбенов, которые соседствуют и образуют переходные формы со структурами типа пулл-апарт [2, 16, 17]. По простиранию троговых ветвей отмечена смена полярности полуграбенов, разделённых аккомодационными перемычками [1, 2]. Для грабенов этого типа характерно заполнение по типу бокового наращивания разреза: на сейсмопрофилях наблюдается конседиментационное увеличение мощности пластов в крутых приразломных бортах полуграбенов и утонение слоев на их пологих склонах [16]. В поперечных разрезах последовательности полуграбенов с единообразной полярностью подчеркивают запрокидывание и антитетическое вращение смежных блоков по принципу структуры «домино». Сейсмические разрезы демонстрируют листрическую морфологию сбросов, контролирующих полуграбены, выполаживание этих разрывов по мере погружения и приспособление к поверхностям сквозькорковых detachментов. В основании многих полуграбенов по рисунку сейсмических отражений картируются килевидные структуры, которые рассматриваются как складчатые толщи нижнего рифея [16], либо в качестве сдвиговых зон, контролирующих депрессии [17].

В целом грабены Беломорской системы формировались в условиях правосдвиговой трансенсии, которая сочеталась с явлениями тектонической расслоенности и развития пологих detachментов. Такая комбинация тектонических движений обусловила сопряжённое развитие разнообразных структур: листрических сбросов и полуграбенов, сдвигов и пулл-апартов, а также гибридных форм переходного типа (сбросо-сдвигов, пулл-апартов — полуграбенов, ротационных клиновидных депрессий). Эти особенности присущи и многим другим

палеорифтам ВЕП, прежде всего Среднерусскому авлакогену. Он отличается от Беломорской структуры, возможно, большей ролью сдвиговых перемещений и их кинематическим знаком. В позднем рифее эти авлакогены развивались в качестве двух динамически сопряжённых зон трансенсии, сопровождавшихся проявлением правого (Беломорская структура) и левого (Среднерусская) сдвигов. Их комплементарное развитие указывает на общее растяжение по линии ЗСЗ — ВЮВ и относительное перемещение западного блока Фенноскандии к ЗСЗ (рис. 1). Рассматривая тектонопару Среднерусского и Пачелмского авлакогенов, вдоль которых отмечаются сдвиговые смещения противоположного знака, можно отметить аналогичное направление растяжений, но в данном случае восточный Волго-Уральский блок испытал относительное смещение к ВЮВ.

Обсуждение

Представленные картографические материалы иллюстрируют известный принцип унаследованного развития рифей-ранневендских рифтовых структур в результате активизации палеопротерозойских тектонических зон (рис. 2). Это явление интерпретируется по-разному: наличием реологически ослабленных древних тектонических швов, гравитационным коллапсом коллизионных орогенов и коровой анизотропией в областях сочленения сегментов ВЕП [2, 4, 6, 17, 18]. Не исключая этих факторов, унаследованное развитие структур различного возраста и генезиса (коллизия, рифтогенез) можно объяснить тем, что их эволюция контролировалась процессами более высокого ранга, а именно фундаментальным свойством континентальной коры — её реолого-тектонической расслоенностью и развитием надрегиональных detachментов [6, 12]. Погружающиеся в сторону Тимано-Прикаспийской окраины сквозькоровые detachменты выявлены в основании крупнейшей Беломорско-Среднерусской рифтовой системы [2, 6, 8, 9, 17]. Данная система detachментов является долгоживущей мегаструктурой, которая испытывала многократную активизацию и кинематическую инверсию, начиная с раннего палеопротерозоя. На одних этапах она функционировала как пологий сброс по модели простого сдвига [20], на других — в качестве надвига (рис. 3). Проецируясь на поверхность, пологие зоны detachментов оказывали динамическое воздействие на широкую верхнекоровую область, в пределах которой активизация конкретных зон контролировалась второстепенными факторами (реологическими, гравитационными и др.).

Системы рифейских авлакогенов унаследуют древнюю вихревую мегаструктуру ВЕП. (рис. 2). При этом они плавно раскрываются к её краям и

имеют клиновидные очертания, что может свидетельствовать о проявлении асимметричного рифтинга в результате ножницеобразных ротационных перемещений смежных блоков (рис. 1). Таким строением обладают Пачелмский, Серноводско-Абдулинский, Вятско-Кажимский авлакогены, верная виргация рифтов Белого моря, Валдайско-Оршанская депрессия. На протяжении рифея — раннего венда развитие этих рифтов, вероятно, происходило в результате их постепенной пропации, начиная от Тимано-Прикаспийской пассивной окраины, к центральным областям ВЕП.

В позднем рифее — начале венда почти все палеорифты были активны и образованный ими структурный рисунок динамически характеризует главный этап их развития. На этом этапе развитие Беломорской, Среднерусской и Пачелмской рифтовых зон происходило кинематически сопряженно в режиме трансенсии. При этом вдоль сегментов образованной ими крупной Z-образной структуры проявлялись сдвигораздвиговые смещения, связанные с перемещением Фенноскандинавского блока к ЗСЗ, а Волго-Уральского — к ВЮВ (рис. 1, 2). Примечательно, что оси перемещений (биссектрисы углов между сопряженными сдвигами) Фенноскандинавского и Волго-Уральского блоков эксцентрично смещены в меридиональном направлении примерно на 600 км (рис. 1). Аккомодационной перемычкой между этими осями являлась Среднерусская зона трансенсии. Такие соотношения, возможно, указывают на наличие пары сил, обуславливавших некоторый крутящий момент, направленный против часовой стрелки.

Таким образом, палеорифтовые системы ВЕП имеют признаки нелинейного строения и развития: их эволюция протекала в режиме трансенсии в асимметрично организованном пространстве между активной окраиной палеоконтинента и пассивной, со стороны которой, усиливая её асимметрию, последовательно развивались главные системы авлакогенов в направлении от периферии к центру ВЕП; для многих палеорифтов характерны клиновидные очертания, признаки асимметричного рифтинга и вращения блоков, сложное сочетание элементов тектоники сдвиговых зон (с присущей им плановой асимметрией) и пологих detachментов (асимметрия проявлена в разрезе); вся система нарушений образует вихревой мегаструктурный рисунок. В кинематическом отношении наиболее яркими свойствами нелинейной организации обладают ротационные структуры. Все это позволяет полагать, что рассматриваемая вихревая структура ВЕП является не просто унаследованной от древнего структурного плана тектонической формой, а связана с проявлением вращательных движений. Тектоноплитные реконструкции также показывают, что в рифее ВЕП испытывала знакопеременное вращение [2, 3, 19].

Ранее для палеопротерозойского этапа коллизии была предложена модель «ирисовой диафрагмы», которая на этапе закрытия визуально объясняет процессы схождения микроплит и их взаимные сдвиги-надвиговые перемещения [9, 11]. Для этапов рифтогенеза эту модель можно рассматривать в связи с раскрытием диафрагмы, центробежным и концентрическим перемещением её лепестков, разделённых сдвигами и детаментами, их вращением и развитием клиновидных зияний — рифтов. При этом в центре диафрагмы увеличивается зазор, в пределах которого следует ожидать проявление нисходящих движений и компенсационных поднятий. На позднерифейском этапе развития ВЕП эти движения нашли отражение в формировании полузамкнутой системы прогибов и грабенов, обрамляющих компенсационные поднятия в центре Верхневолжского узла. Учитывая характер действовавшей на этом этапе пары сил, можно предположить, что общее вращение ВЕП было направлено против часовой стрелки (рис. 1). Движения обратного ротационного знака (по часовой стрелке), в соответствии с правилами закрытия диафрагмы, должны были способствовать сжатию и инверсии рифтов. На протяжении рифея и раннего венда изменения направлений вращения ВЕП происходили не менее трёх раз [3]. Именно этим обстоятельством можно объяснить то, что отложения нижнего рифея в результате инверсии ранних рифтов часто смяты в складки и иногда образуют узкие сжатые клинья в основании позднерифейских грабенов.

Выводы

1. В строении рифей-ранневендского структурного этажа важную роль играют долгоживущие тектонические нарушения, связанные с активизацией древних палеопротерозойских структур. В позднем протерозое они развивались преимущественно в режиме трансенсии, на фоне которой иногда (периодически ?) проявлялась кинематическая инверсия и смена обстановок растяжения условиями сжатия. Рифтогенные процессы проявлялись при динамическом сочетании кинематики сдвиговых зон и пологих детаментов.

2. Палеорифтовые системы ВЕП организованы нелинейно: они образуют крупную вихревую структуру, которая развивалась в асимметрично организованном пространстве между пассивной и активной окраинами палеоконтинента. Внутренняя динамика этой структуры нашла отражение в развитии сдвиговых смещений вдоль палеорифтов, образующих вихревые ветви, асимметричного рифтинга и вращения отдельных блоков. Процессы знакопеременного вращения ВЕП с использованием модели «ирисовой диафрагмы» объясняют многие закономерности развития долгоживущей вихревой структуры, выступающей в роли одного из главных элементов тектоники различных этажей этой платформы.

Автор выражает глубокую признательность Н.Б. узнецову, М.Г. Леонову и Б.Г. Голионко за ценные замечания при подготовке статьи.

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

ЛИТЕРАТУРА

- Балуев А.С., Журавлев В.А., Колодяжный С.Ю., Пржиалговский Е.С., Слабунов А.И., Терехов Е.Н., Шаров Н.В., Шкарубо С.И. Тектоническая карта Белого моря и прилегающих территорий масштаба 1:1500000 / Гл. редакторы М.Г. Леонов, Г.С. Казанин, отв. редактор А.С. Балуев. М.: ИПП «Куна», 2010.
- Балуев А.С., Журавлев В.А., Терехов Е.Н., Пржиалговский Е.С. Тектоника Белого моря и прилегающих территорий (Объяснительная записка к «Тектонической карте Белого моря и прилегающих территорий» масштаба 1:1500000). М.: ГЕОС, 2012. 104 с.
- Балуев А.С., Моралев В.М. Структурный контроль и геодинамические условия внутриплитного магматизма на Восточно-Европейской платформе // Изв. вузов. Геология и разведка. 2001. № 1. С. 13–30.
- Валеев Р.Н. Авлакогены Восточно-Европейской платформы. М.: Недра, 1978. 152 с.
- Владимирова Т.И., Капустин И.Н., Орлов В.П., Федоров Д.Л. Объяснительная записка к Гипсометрической карте поверхности кристаллического фундамента центральной и северной частей Восточно-Европейской платформы масштаба 1:2500000. СПб.: ВСЕГЕИ, 2001. 71 с.
- Гарецкий Р.Г. Особенности тектоники и геодинамики Восточно-Европейской платформы // Литасфера. 2007. № 2 (27). С. 3–13.
- Гипсометрическая карта поверхности кристаллического фундамента центральной и северной частей Восточно-Европейской платформы. Масштаб 1:2500000 / Гл. ред. В.П. Орлов, Д.Л. Федоров. СПб.: ВСЕГЕИ, 2001.
- 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. / Гл. ред. А.Ф. Морозов. М.: ГЕОКАРТ: ГЕОС, 2010. Т. 2. 400 с.
- Колодяжный С.Ю. К вопросу о генезисе рифейских рифтогенных структур Восточно-Европейской платформы // Докл. РАН, 2003. Т. 389. № 6. С. 781–785.
- Колодяжный С.Ю. Структурно-кинематические парагенезы в осадках фанерозойского чехла Среднерусской зоны дислокаций // Геотектоника. 2010. № 2. С. 56–76.
- Колодяжный С.Ю. Долгоживущие структурные ансамбли Восточно-Европейской платформы. Статья 1. Строение фундамента // Изв. вузов. Геология и разведка. 2018. № 2. С. 5–13.
- Леонов Ю.Г. Платформенная тектоника в свете представлений о тектонической расслоенности земной коры // Геотектоника. 1991. № 6. С. 3–20.
- Оровецкий Ю.П. К проблеме генетического основания древней Восточно-Европейской платформы // Геофизический журнал. 2010. № 3. Т. 32. С. 106–111.
- Структурная карта поверхности фундамента платформенных территорий СССР. М-6 1:5000000 / Ред. В.В. Семенович, Л.И. Ровнин, Н.В. Неволин и др. М.: МИНГЕО СССР, 1982.
- Федоров Д.Л., Костюченко С.Л., Солодилов Л.Н. Среднерусский авлакоген — тектонический трансфер в системе Прикаспийской и Баренцевоморской нефтегазоносных впадин // Отечественная геология. 1996. № 2. С. 50–61.
- Хераскова Т.Н., Волож Ю.А., Антипов М.П., Быкадоров В.А., Сапожников Р.Б. Корреляция позднедокембрийских и палеозойских событий на Восточно-Европейской платформе и в смежных палеоокеанических областях // Геотектоника. 2015. № 1. С. 31–59.
- Чамов Н.П. Строение и развитие Среднерусско-Беломорской провинции в неопротерозое. М.: ГЕОС, 2016. 233 с.
- Bogdanova S.V. Segments of the East European Craton // Europrobe in Jablonna. Warszawa, 1993. P. 33–38.

19. Piper J.D.A. The Neoproterozoic supercontinent. Rodinia or Palaeopangaea? // *Earth Planet. Sci. Lett.* 2000. V. 176. P. 131–146.
20. Wernicke B. Uniform sense normal simple shear of the continental lithosphere // *Canad. J. Earth Sci.* 1985. V. 22. P. 789–795.

REFERENCES

1. Baluev A.S., Zhuravlev V.A., Kolodyazhnyi S.Yu., Przhivalgovskiy E.S., Slabunov A.I., Terekhov E.N., Sharov N.V., Shkarubo S.I. *Tectonic map of the White sea and the surrounding areas, scale 1:1500000*. Ed. M.G. Leonov, G.S. Kazanin, A.S. Baluev. M.: IPP Kuna Publ., 2010. (In Russian).
2. Baluev A.S., Zhuravlev V.A., Terekhov E.N., Przhivalgovskiy E.S. *Tectonics of the White sea and adjacent areas (Explanatory note to the «Tectonic map of the White sea and adjacent areas» scale 1:1500000)*. M.: GEOS Publ., 2012, 104 p. (In Russian).
3. Baluev A.S., Moralev V.M. Structural control and geodynamic conditions of intraplate magmatism in the East European platform. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedeniy. Geologia i Razvedka*, 2001, no.1, pp. 13–30. (In Russian).
4. Valeev R.N. *The aulacogens of the East European platform*. M.: Nedra Publ., 1978, 152 p. (In Russian).
5. Vladimirova T.I., Kapustin I.N., Orlov V.P., Fedorov D.L. *Explanatory note to the hypsometric map of the crystalline basement surface of the central and northern parts of the East European platform, scale 1:2500000*. St. Petersburg: VSEGEI Publ., 2001, 71 p. (In Russian).
6. Garetskiy R.G. Features of tectonics and geodynamics of the East European platform. *Lithosphere*, 2007, no. 2 (27), pp. 3–13.
7. *Hypsometric map of the surface of the crystalline basement of the Central and Northern parts of the East European platform. Scale 1:2500000* / Ed. V.P. Orlov, D.L. Fedorov. St. Petersburg: VSEGEI Publ., 2001. (In Russian).
8. *Deep structure, evolution and mineral resources of the early Precambrian basement of the East European platform: Interpretation of materials for profiles 1-EB, 4B and TATSES.* / Ed. A.F. Morozov. M.: GEOKART Publ., GEOS Publ., 2010, vol. 2, 400 p. (In Russian).
9. Kolodyazhnyi S.Yu. Some notes on the genesis of the Riphean rift structures of the East European platform. *Doklady Earth Sciences*, 2003, vol. 389, no. 6, pp. 781–785.
10. Kolodyazhnyi 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
11. Kolodyazhnyi S.Yu. Long-lived structural ensembles of the East European platform. Article 1. The basement structure. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedeniy. Geologia i Razvedka*, 2018, no. 2, pp. (In Russian).
12. Leonov Yu.G. Platform tectonics in the light of ideas about tectonic stratification of the earth's crust. *Geotectonics*, 1991, no. 6, pp. 3–20. (In Russian).
13. Orovetskiy Yu.P. On the problem of the genetic basis of the ancient Eastern European platform. *Geophysical journal*, 2010, no. 3, vol. 32, pp. 106–111. (In Russian).
14. *Structural map of the platform basement surface of the USSR territories. Scale 1:5000000* / Ed. V.V. Semenov, L.I. Rovnin, N.V. Nevolin. M.: MINGEO USSR, 1982. (In Russian).
15. Fedorov D.L., Kostyuchenko S.L., Solodilov L.N. The Central Russia aulacogen – tectonic plate transfer in the system of the Caspian and Barents sea oil and gas basins. *Russian Geology*, 1996, no. 2, pp. 50–61. (In Russian).
16. Kheraskova T.N., Volozh Yu.A., Antipov M.P., Bykadorov V.A., and Sapozhnikov R.B. Correlation of late Precambrian and Paleozoic events in the East European Platform and the adjacent paleoceanic domains. *Geotectonics*, 2015, vol. 49, no. 1, pp. 27–52. (In Russian). DOI: 10.1134/S0016852115010021
17. Chamov N.P. *Structure and development of the Central Russian-White Sea province in Neoproterozoic*. M.: GEOS Publ., 2016, 233 p. (In Russian).
18. Bogdanova S.V. *Segments of the East European Craton. Europrobe in Jablonna*, Warszawa, 1993, pp. 33–38.
19. Piper J.D.A. The Neoproterozoic supercontinent. Rodinia or Palaeopangaea? *Earth Planet. Sci. Lett.*, 2000, vol. 176. pp. 131–146. DOI: 10.1016/S0012-821X(99)00314-3.
20. Wernicke B. *Uniform sense normal simple shear of the continental lithosphere*. *Canad. J. Earth Sci.*, 1985, vol. 22, pp. 789–795. DOI: 10.1139/e85-009.

МИНЕРАЛОГИЯ, ПЕТРОГРАФИЯ, ЛИТОЛОГИЯ

УДК 551.311.231:553.08

**О ЛИТОЛОГО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЯХ
ДРЕВНИХ АЛМАЗОНОСНЫХ ОСАДОЧНЫХ ТОЛЩ**

Н.Н. ЗИНЧУК

*Западно-Якутский научный центр АН РС (Я)
16, Чернышевское шоссе; Мирный 678170, Якутия, Россия
e-mail: nnzinchuk@ramber.ru*

Изучены литолого-минералогические и структурно-формационные особенности формирования верхне-девонско-каменноугольных кор выветривания на терригенно-карбонатных породах, кимберлитах и отложениях, обогащённых продуктами переотложения, что позволило восстановить специфические особенности образования продуктивных горизонтов верхнего палеозоя основных алмазоносных районов Сибирской платформы. Анализ фаций верхнепалеозойских отложений, а также их особенностей размещения позволил установить, что с момента корообразования и до завершения верхнепалеозойского осадконакопления денудация пород региона была незначительной и происходила в основном по водотокам. На это указывает повсеместное наличие кор выветривания на терригенно-карбонатных породах нижнего палеозоя, сохранившихся от размыва под отложениями верхнего палеозоя. Обычно эти образования вытянуты в виде узких струй и представляют собой фрагменты самого первоначального размыва кор выветривания в посткаменноугольное время. При таком минимальном срезе практически все кимберлитовые минералы, находящиеся в верхнепалеозойских отложениях, являются переотложенными из более древних долапчанских образований. Необходимо их комплексное исследование с применением структурно-тектонического, литолого-фациального и формационно-циклического анализов, что позволит локализовать конкретные площади, благоприятные для формирования древних россыпей алмазов, или обнаружить кимберлитовые трубки.

Ключевые слова: коры выветривания; верхнепалеозойские осадочные толщи; алмазоносные районы; россыпи; кимберлитовые трубки.

**ABOUT LITHOMINERALOGICAL COMPOSITION
OF ANCIENT SEDIMENTARY DIAMONDIFEROUS ROCKS**

N.N. ZINCHUK

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

Litho-mineralogical and structural-formation generation features of Upper Devonian-Carboniferous crusts of weathering on terrigenous-carbonate rocks, kimberlites and deposits enriched by products of their redeposition, have been studied, that allowed restoring of the specific features of upper Paleozoic productive horizons generation of the main diamondiferous regions of the Siberian platform, and then, the areas, favorable for generation and preservation of kimberlite (including diamondiferous) material dispersion haloes, have been distinguished within them. Analysis of Upper Paleozoic deposits facies, as well as specific features of their location, has allowed to establish that denudation of the rocks of the region was insignificant since the moment of their crust formation and up to completion of upper Paleozoic sedimentation, and occurred only along the stream flows. The omnipresent availability of crusts of weathering on terrigenous-carbonate rocks of lower Paleozoic, preserved from washout by upper Paleozoic deposits, points on it. These formations are usually elongated in the form of narrow streams and represent fragments of most initial erosion of the crusts of weathering in post-Carboniferous time. That is why, at such minimal shear, practically all kimberlite minerals, occurring in Upper Paleozoic deposits, are redeposited from more ancient pre-Lapchanian formations. The necessity of differentiated approach to studying formation conditions of various facies of diamondiferous upper Paleozoic deposits of continental and coastal genesis has been substantiated, and firstly — studying of their specific features. The complex research is required, with application of structural-tectonic, lithological-facial and formation-cyclic analyses, which would allow allocating specific areas favorable for generation of ancient placers of diamonds or discovering kimberlite pipes.

Keywords: crusts of weathering; upper Paleozoic sedimentary rocks; diamondiferous regions; Siberian platform; diamondiferous placers; kimberlite pipes.

Литолого-минералогические особенности состава алмазоносных россыпей в полной мере можно рассмотреть на примере территории одного из наиболее изученных на Сибирской платформе (СП) — Малоботуобинского алмазоносного района (МБАР) и сопредельных территорий, в структурном отношении находящихся [1—3, 5—14] в пределах крупной и древней (дофанерозойского заложения) структуры — Непско-Ботуобинской антеклизы, её северо-восточного окончания — Ботуобинского сводового поднятия (БСП), на которое с северо-западной стороны наложилось юго-восточное крыло Тунгусской позднепалеозойской синеклизы (ТПС), а с юго-восточной — Ангара-Вилуйский наложенный мезозойский прогиб (АВНМП). Отмечены различия в особенностях верхнепалеозойских и мезозойских отложений региона, разделённых так называемой структурной террасой — полосой шириной до 30 км, протягивающейся в северо-восточном направлении через всю изученную территорию. Причем верхние горизонты верхнепалеозойских и мезозойских отложений частично перекрывали эту структурную террасу, а их полные разрезы устанавливаются за её пределами и в долинах древних палеоводотоков, бравших начало в сводовой части БСП. В МБАР открыто семь кимберлитовых трубок (Мир, Спутник, Дачная, имени XXIII съезда КПСС, Интернациональная, Амакинская, включающая Южное и Северное тела, и Таежная), две самостоятельные кимберлитовые дайки (Ан-21 и Южная) и целый ряд сопряженных с трубками даек кимберлитов (например, у трубки Интернациональная установлено 10 таких даек). В этом районе обнаружены [4—5, 11—14] пока единственные на СП россыпи алмазов промышленного значения, приуроченные к терригенным отложениям верхнего палеозоя (россыпи — Восточная и Западная) и мезозоя (россыпи — Водораздельные галечники, Дачная-1, Глубокая, Новинка, Геофизическая, Солур), а также россыпные проявления алмазов позднепалеозойского и мезозойского возрастов. Кимберлитовые трубки Мир, Спутник, Амакинская выходят на современную дневную поверхность, а остальные кимберлитовые тела (частично Таежная) перекрыты мезозойскими образованиями. Кимберлитовых трубок под верхнепалеозойскими отложениями здесь до сих пор не обнаружено, хотя перспективы установления таковых имеются. В региональном плане все открытые в районе месторождения алмазов находятся [6—9] в сводовой части БСП. В настоящее время в МБАР осуществляется оценка остаточных перспектив алмазоносности с целью восполнения сырьевой базы для действующих здесь более 60 лет алмазодобывающих предприятий. Поисковые работы проводятся на отдельных перспективных участках, где широко развиты перекрывающие среднепалеозойские кимберлитовые тела, продуктивные на алмазы терригенные

отложения верхнего палеозоя и мезозоя, поскольку открытые площади, на которых кимберлитовмещающие терригенно-карбонатные породы нижнего палеозоя выходят на дневную поверхность, уже детально изучены. В результате проведённых в разное время алмазопроисловых работ в пределах развития образований верхнего палеозоя района установлены ореолы рассеяния индикаторных минералов кимберлитов (ИМК), которые зачастую территориально оторваны от известных кимберлитовых тел и характеризуются некоторыми специфическими особенностями [1, 3—5]. Все это затрудняет поиск по ним коренных источников. Осложняющим фактором при поисках кимберлитовых трубок на закрытых площадях района является отсутствие ореолов рассеяния ИМК вблизи и непосредственно над ними, а также слабая намагниченность кимберлитов некоторых тел Мирнинского — МКП (трубки имени XXIII съезда КПСС и Интернациональная) и Накынского — НКП (Ботуобинская и Нюрбинская) кимберлитовых полей. Для восстановления путей миграции этих ореолов и определения их предполагаемых областей сноса необходимо исследование структурно-формационных и генетических особенностей формирования продуктивных на алмазы отложений верхнего палеозоя. Важным является достоверное расчленение и восстановление условий формирования рассматриваемых осадочных толщ, а также развитие процессов корообразования, предшествовавших накоплению данных отложений, и их сохранность в последующие этапы геологической истории. Определяющими в этом отношении являются структурно-тектонические особенности региона до, во время и после формирования рассматриваемых продуктивных толщ верхнего палеозоя. Эти отложения представлены тремя свитами: лапчанской, ботуобинской и боруллойской, средне—позднекаменноугольного, ранне- и позднепермского возрастов. *Лапчанская свита* ($C_{2-3}l$) представлена тёмно-серыми глинами и алевролитами с прослоями песков общей мощностью 20—25 м. В нижней части разреза иногда появляются прослои и линзы гравелистов, галечников и брекчий мощностью до 1 м. В составе местного обломочного материала встречаются щебень (до 10 см) терригенно-карбонатных пород, галька (до 3 см) кремней и окремнелых известняков, а из чуждых для района пород — редкая мелкая хорошо окатанная галька кварца и кварцитов [4, 10]. *Ботуобинская свита* (P_1bt) сложена песками (песчаниками) зеленовато-серыми полимиктовыми и углистыми алевролитами с подчинённым развитием галечников и аргиллитов общей мощностью до 70—95 м. Пески и алевролиты образуют два мезоритма, отвечающие двум подсвитам. Залегает свита с размывом на отложениях лапчанской свиты или на эродированной поверхности пород нижнего палеозоя. Нижняя подсвита (50—55 м)

сложена зеленовато-серыми мелко- и среднезернистыми (редко крупнозернистыми до гравелитов) песками кварцевого и граувакко-кварцевого состава [8—11]. Верхняя часть разреза (10—12 м) представлена тёмно-серыми до чёрных плотными глинами, алевролитами и прослоями мелкозернистых песков и углисто-глинистых пород. Горизонты (до 1 м) с крупнообломочным материалом тяготеют к низам разреза и обогащены мелкой галькой преимущественно кварц-кремнистого состава (реже кварцитов и эффузивов) и обломками подстилающих терригенно-карбонатных пород нижнего палеозоя. *Борулло́йская свита* (P_2br) представлена песками (песчаниками) зеленовато-серыми и белесыми разнотекстурированными, кварц-полевошпатовыми, с линзовидными прослоями алевролитов, местами углистыми. В основании отмечаются базальные галечники (конгломераты). В её составе также выделяются две подсвиты общей мощностью в полных разрезах до 100—170 м. Залегают свита с размывом на различных отложениях горизонтов ботубинской свиты и пород нижнего палеозоя. Нижняя часть нижней подсвиты (8—14 м) сложена зеленовато-желтовато-серыми средне- и крупнозернистыми песками с базальными гравелитами и галечниками мощностью до 2 м. Грубообломочный материал представлен галькой кварцитов, кварца, кремней, эффузивов (часто выветрелых) и слабо окатанными обломками терригенно-карбонатных пород. Выше залегают глины и алевролиты с маломощными прослоями углей, с размывом перекрытые пачкой (30—40 м) желтовато-серых средне- и мелкозернистых песков. Верхняя часть нижней подсвиты сложена тёмно-серыми алевролитами, плотными глинами и углистыми образованиями. Верхняя подсвита борулло́йской свиты (до 25 м) представлена светлыми мелко- и среднезернистыми песками.

Несколько отличающийся от описанного выше разрез вулканогенно-терригенных отложений среднего карбона — нижнего триаса отмечен в *Далдыно-Алакитском алмазодолном районе* (ДААР), где они с размывом, угловым и резким стратиграфическим несогласием залегают на различных горизонтах нижнего палеозоя, коре выветривания (КВ) терригенно-карбонатных пород и перекрывают многие кимберлитовые трубки этой территории [4, 13]. При небольшой мощности (за исключением отдельных участков) эта толща характеризуется сложным строением, фациальной невыдержанностью и изменчивостью по площади. Большинство исследователей [10—14] подразделяют этот комплекс пород на три толщи: нижнюю — среднекаменноугольно-нижнепермскую, среднюю, относящуюся к верхней перми, и верхнюю (туфогенную), включающую породы верхней перми и нижнего триаса.

В верхнепалеозойской толще рассматриваемого региона достоверно выделяются и прослеживаются

[9] два крупных геологических тела, формирование которых связано с двумя тектоно-седиментационными макроциклитами. Нижнее тело (нижний макроциклит) объединяет лапчанскую, ботубинскую и синхронную им ахтарандинскую свиту в единую ботубинскую свиту. Верхнее тело (верхний макроциклит) соответствует борулло́йской свите; в полных (сохранившихся) разрезах в его состав входит дегалинская свита верхней перми. Эти геологические тела обладают выраженными идентификационными свойствами в литологическом составе и строении ассоциаций, а также различаются по комплексам палеонтологических остатков (фаунистических, флористических и палинологических). Выделяемые в настоящее время рядом исследователей лапчанская, ботубинская и ахтарандинская свиты не имеют литологических и палеонтологических идентификационных характеристик и, соответствуя мезоциклитам (циклитам II порядка), рассматриваются нередко как подсвиты единой ботубинской свиты. Число подсвит (мезоциклитов) непостоянно и изменяется в региональном масштабе в зависимости от фациальных особенностей и мощности накопленных отложений в каждой рассматриваемой структурно-седиментационной зоне. На локальных участках местное дробное расчленение разреза в соответствии с циклической структурой оправдано и применимо в практической деятельности при анализе погребенных шлиховых ореолов [1]. В начале раннепермского времени положительные тектонические движения привели к развитию ландшафтных зон низменной денудационно-аккумулятивной и аккумулятивной равнин, а также ландшафтной обстановки подножий склонов и конусов выноса. Существовали условия для аккумуляции преимущественно песчано-галечного руслового, алевроито-песчаного пойменного аллювия и глинисто-алевровитовых фаций зарастающих стариц и вторичных водоёмов поймы, реже песчано-алевровито-глинистощебнистых отложений склонов (рис. 1—3). В середине раннепермского времени состоялась ингрессия бассейна с запада — центральной части ТВС, что привело к захоронению продуктивных континентальных образований песчаной толщей бассейновых отложений. В конце данного периода произошла смена условий бассейнового осадконакопления на озёрно-болотные. Формировались глинисто-алевровитовые и глинисто-углистые фации. В начале раннепермского периода были в основном переотложены сохранившиеся от размыва и имевшие площадное развитие более древние (каменноугольные) продуктивные отложения и сформированы россыпи алмазов (Восточная, Западная и др.). Причем алмазодолный материал, поступавший в аллювий за счёт размыва кимберлитовых тел, а также КВ и продуктов её переотложения, разубоживался привносом чуждого району кластического материала. В услови-

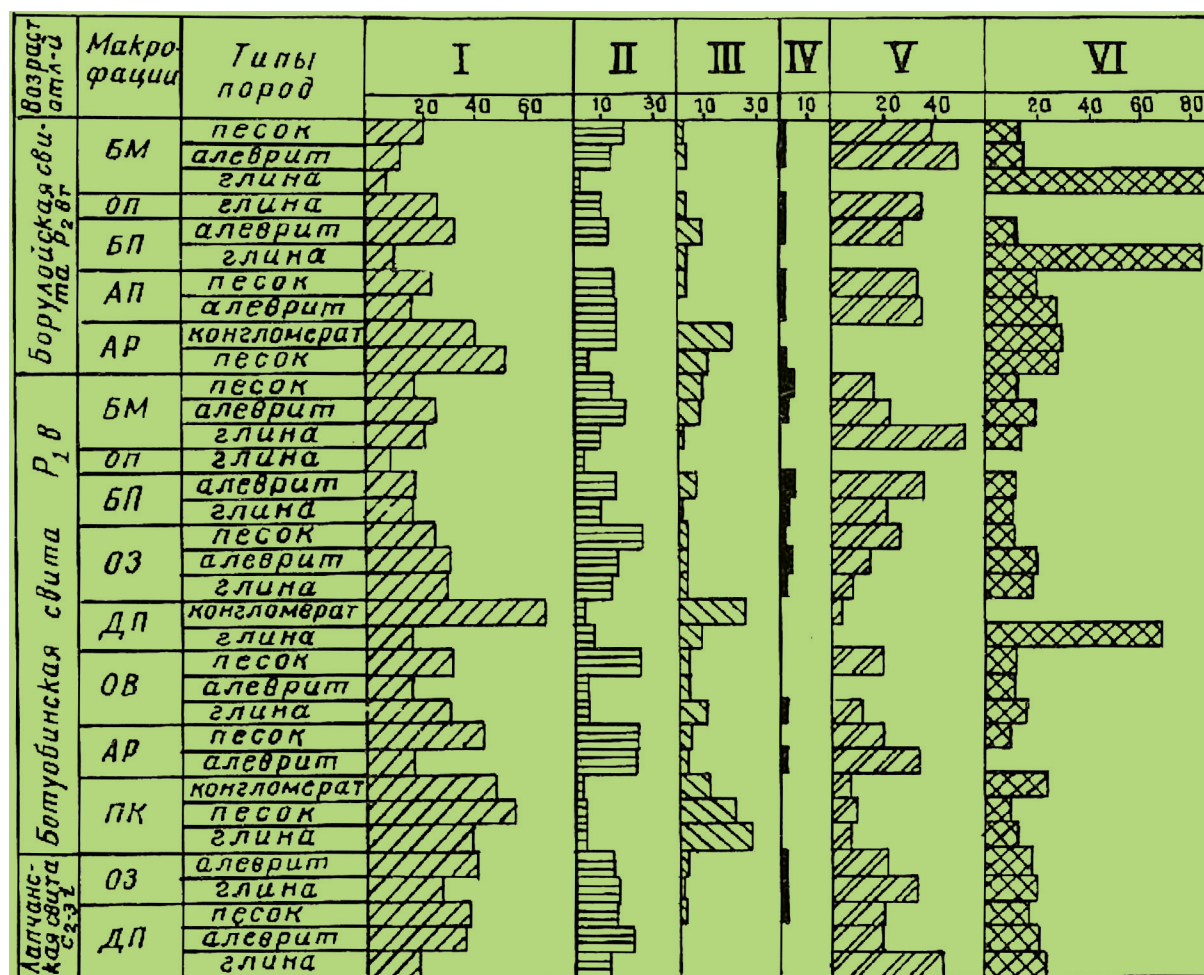


Рис. 1. Средние содержания (%) основных компонентов лёгкой фракции (0,1–0,05 мм) в породах позднепалеозойского возраста МБАР: I – кварц, II – калиевые полевые шпаты, III – плагиоклазы, IV – слюды, V – глинисто-кремнистые агрегаты, VI – глинистые агрегаты; макрофации: АР – русловых отложений; АП – пойменных отложений; ПК – пролювиальных отложений; ОВ – озёрных отложений речных преимущественно аллювиально-делювиальных и прибрежно-морских равнин; ОЗ – зарастающих, слабо заболачивающихся озёр и заиляющихся торфяных болот речных аллювиально-дельтовых и прибрежно-морских равнин; БП – заливно-лагунного прибрежного мелководья бассейна; БМ – открытого подвижного мелководья бассейна

ях эрозионного рельефа водотоки имели неодинаковую транспортирующую энергию, в результате чего в руслах (особенно в их верховьях), обособлялись участки преимущественного накопления местного обломочного материала, которые перспективны для поиска россыпей алмазов. Такая специфика формирования продуктивных отложений послужила главной причиной образования повышенных концентраций алмазоносного материала лишь на отдельных участках. На остальной территории устанавливается только фоновая зараженность алмазами и ИМК отложений ботубинской свиты. В конце ранней перми источники алмазов региона оказались уже погребёнными. В это время возможность образования россыпей алмазов была ограничена. В начале поздней перми развивались ландшафты низменной аллювиальной равнины. Водотоки имели спокойное течение, за исключением времени формирования базального галечного горизонта. Продолжавшееся опускание местности компенсировалось осадконакоплением уже в условиях континен-

тально-прибрежной равнины и бассейна, в результате чего возникла мощная (более 100 м) толща в основном мелкозернистых песков. Конец рассматриваемого времени характеризуется накоплением фаций, в которых преобладает тонкозернистый материал: пески, пестроцветные алевриты и глины. В начале позднепермского времени положительные тектонические движения привели к оживлению эрозионной деятельности и частичному размыву нижнепермских отложений. Эрозионная деятельность водотоков в начале поздней перми была значительной, особенно на поднятиях (Мирнинское, Улу-Тогинское, Чернышевское и др.), где под верхнепермскими отложениями местами отсутствуют породы ботубинской свиты или отмечаются их сокращённые мощности, а также преобладание здесь грубозернистых фаций боруллойской свиты. Всё это обусловило вскрытие коренных и россыпных месторождений алмазов района и вынос кимберлитового материала в базальные горизонты боруллойской свиты. По сравнению с раннеперм-

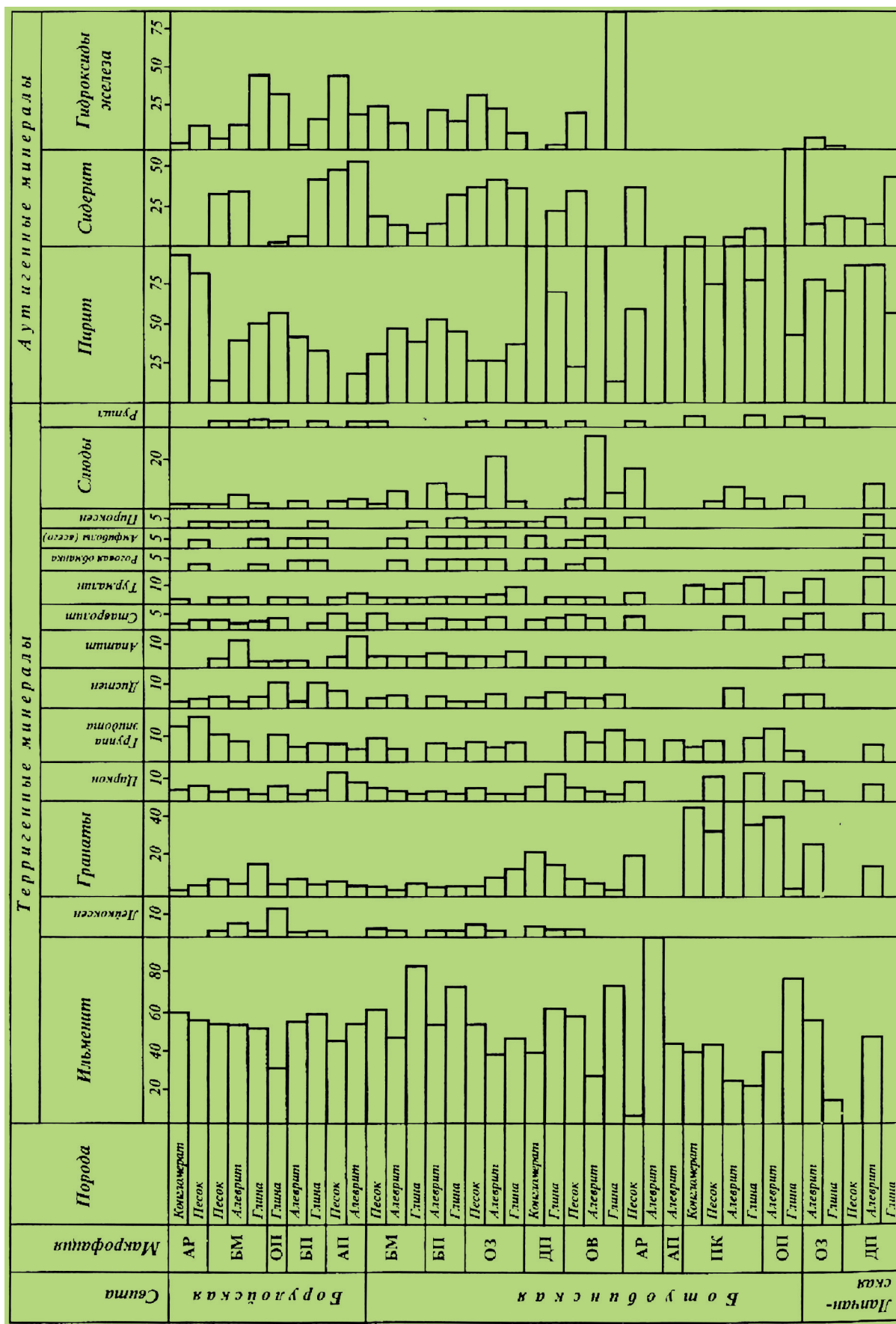


Рис. 2. Среднее содержание (%) основных минералов тяжелой фракции (0,1–0,05 мм) в образованиях позднеаллювийского возраста МБАР: макрофазии отложений: АР – русловых; АП – пойменных; ДП – дельтовых; ПК – пролювиальных; ОВ – озерных отложений речных (преимущественно аллювиально-дельтовых и прибрежно-морских) равнин; ОЗ – зарастающих, слабооблачивающихся озер и заиляющихся торфяных болот речных аллювиально-дельтовых и прибрежно-морских равнин; РП – заиляющихся речных аллювиально-дельтовых и прибрежно-морских равнин; БП – заливно-лагунального прибрежно-морского бассейна; БМ – открытого подвижного мелководья морского бассейна

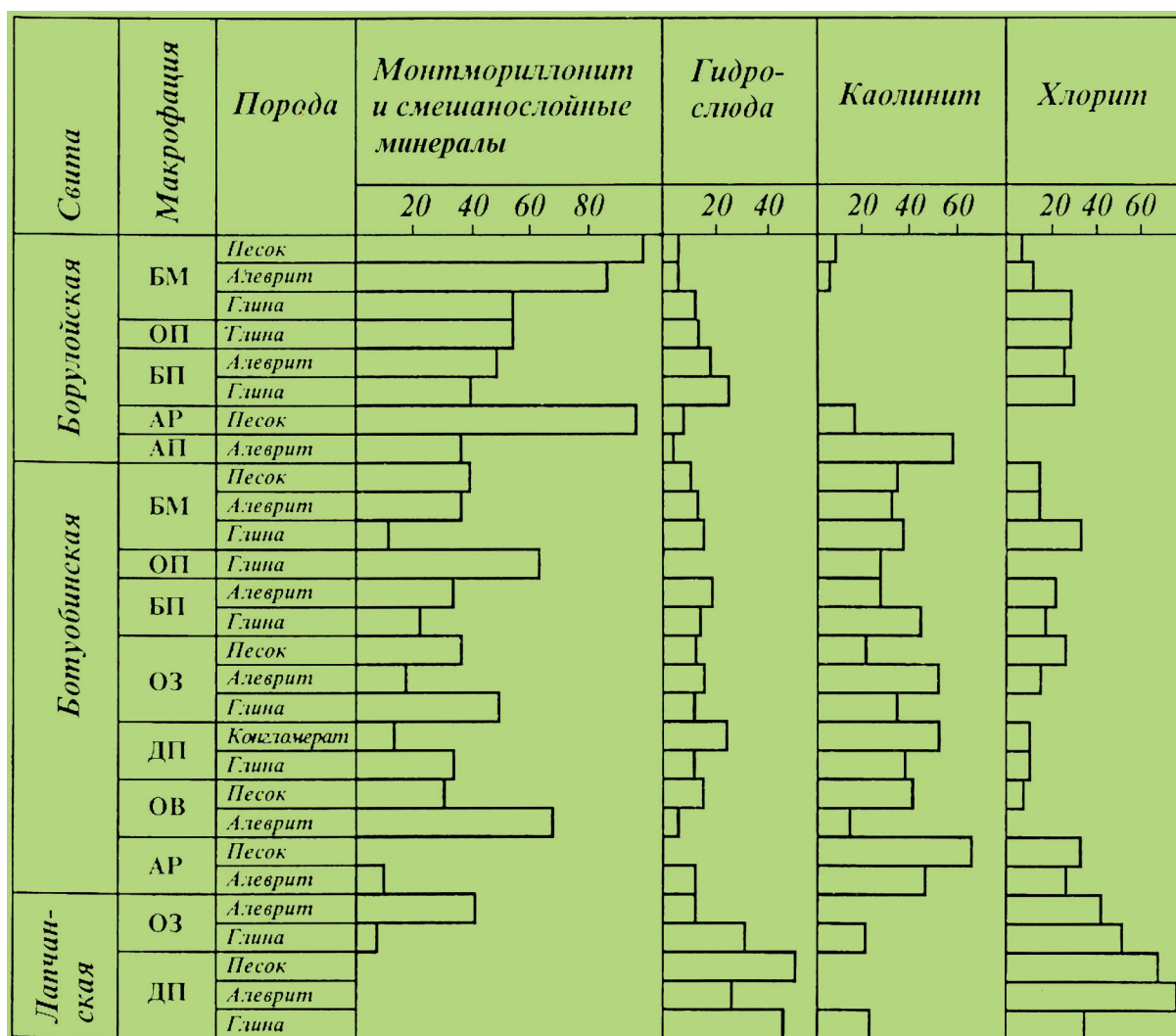


Рис. 3. Среднее содержание (%) основных глинистых минералов во фракции мельче 0,001 мм, выделенной из пород позднепалеозойского возраста МБАР; усл. обознач. см. рис. 1, 2

ским временем условия образования борулловских россыпей алмазов были хуже. Они могли формироваться в базальном галечном горизонте, обогащенном местным обломочным материалом при благоприятных структурно-тектонических условиях, способствовавших длительному размыву кимберлитовых пород, алмазонасных образований, КВ и ботубинской свиты, что подтверждается и результатами сопоставления типоморфных особенностей минералов соответствующих образований (рис. 1—3). В верхнепалеозойских отложениях образовались два обширных шлейфа разноса ИМК и самих алмазов северо-западного и северо-восточного направлений, отходящих от кимберлитовых трубок МКП (Кюеляхский и Бахчинский) с довольно многочисленными ореолами смешанного (континентального и бассейнового) типа со слабо отсортированной алмаз-пироп-пикроильменитовой ассоциацией [1, 6].

Таким образом, проведенный анализ литолого-минералогических свойств, истории геологическо-

го развития региона и фаций верхнепалеозойских отложений, а также их особенностей распределения и залегания на породах нижнего палеозоя позволил установить, что основной срез пород региона (300 м), в том числе и кимберлитов [6, 12], произошел в допозднепалеозойский период. С момента корообразования и до завершения позднепалеозойского осадконакопления денудация пород района была крайне незначительная и происходила преимущественно только по водотокам, где максимально достигала 40—50 м. Это подчеркивается повсеместным наличием КВ на терригенно-карбонатных породах нижнего палеозоя, сохранившихся от размыва под отложениями верхнего палеозоя и присутствием в их базальных горизонтах пролювиально-делювиальных образований, состоящих из угловатых обломков подстилающих пород. Обычно эти образования вытянуты в виде узких струй и являются фрагментами самого первоначального размыва КВ. Их следует отличать от склоновых делювиальных и делювиально-пролювиальных образо-

ваний, переходящих в аллювиальные отложения ботуобинских и боруллойских водотоков. При таком минимальном срезе практически все кимберлитовые минералы, находящиеся в верхнепалеозойских отложениях, являются переотложенными из более древних каменноугольных образований. Первичные потоки данных минералов могут устлавливаться вдоль позднепалеозойских водотоков и только в том случае, если кимберлитовые тела попадали в зону эрозионной деятельности указанных водотоков. Всё это находит свое подтверждение еще и в том, что более 90% пиропов из данных отложений имеют признаки гипергенного растворения. На части зёрен в случае слабой коррозии видны признаки докоррозионного износа. Обычно гипергенное растворение в разной степени уничтожает следы предшествующего износа. Растворение пиропов и других ИМК связано с КВ и вне их не происходит [4—6]. Необходимо отметить широкое развитие бассейновых, преимущественно тонкозернистых фаций, формирование которых обусловлено общим погружением территории при ингрессии бассейна из центральной части ТПС. Практически мы имеем дело с погребённым рельефом, сформированным еще до эпохи стабилизации территории и образования КВ и незначительно изменённым в последующее время. Этот вывод вытекает из анализа верхнепалеозойских поверхностей выравнивания пород нижнего палеозоя, среди которых выделяются три их типа, созданные процессами глубокого эрозионного среза и завершающего (перед пенепленизацией территории) денудационного, денудационно-аккумулятивного выравнивания в допозднепалеозойское время [4, 7]: а) плоские, слабоволнистые, так называемые водораздельные равнины; б) пологонаклонные и слабо-расчленённые (склоны водораздельной равнины); в) ровные (преимущественно денудационно-аккумулятивные равнины). Данные поверхности несколько изменены в условиях прерывистого денудационно-аккумулятивного выравнивания во время формирования лапчанской, ботуобинской и боруллойской свит, а на отдельных участках отпрепарированы денудацией и частично расчленены в связи с новейшими поднятиями в четвертичное время или осложнены при внедрении траппов в раннетриасовое время. Особенно рельефно на этих поверхностях виден врез позднепалеозойских водотоков на глубину до 40—50 м, поскольку эти поверхности фиксируют долины крупных заливов бассейна центральной части ТПС, вдающиеся далеко на восток в область древней суши, в сводовую часть БСП, которые во время континентальных этапов развития региона в позднем палеозое были долинами древних водотоков и их притоков [4, 6]. Установлено, что в средне—позднекаменноугольное и раннепермское время наиболее благоприятные условия для формирования продуктивных го-

ризонтов существовали в пределах склона водораздельной равнины (поверхность второго типа) за счёт переотложения кимберлитового материала водотоками, а также на денудационно-аккумулятивной равнине (поверхность третьего типа), где водотоками высоких порядков перемывались площадные каменноугольные продуктивные отложения. Наименее перспективными на образование продуктивных горизонтов верхнего палеозоя являются отложения, развитые на поверхности выравнивания первого типа [6].

Характер распространения, фациальный состав отложений верхнего палеозоя и приуроченность ореолов рассеяния ИМК к делювиально-пролювиальным и аллювиальным отложениям, развитым в низах разреза лапчанской, ботуобинской и боруллойской свит, свидетельствуют о наличии благоприятных условий для формирования продуктивных горизонтов. Особенно перспективны на россыпную алмазность делювиально-пролювиальные отложения верховьев палеоводотоков (россыпь Восточная). Аллювиальные отложения лапчанской и ботуобинской свиты развиты в западной части рассматриваемой территории по днищам долин палеоводотоков. Перекрывающие данные образования бассейновые образования полностью заполняют эти долины до уровня их водоразделов, сводовой части БСП. Аллювиальные и перекрывающие их бассейновые отложения боруллойской свиты развиты практически на всей рассматриваемой территории. Во время формирования аллювиальных отложений ботуобинской свиты были перемыты и переотложены практически все докаменноугольные образования, поскольку в общем отмечалась унаследованность развития водотоков каменноугольного и пермского периодов. Всё это свидетельствует о высоких перспективах лапчанских и ботуобинских пролювиальных и аллювиальных отложений на формирование продуктивных горизонтов (россыпи Восточная и Западная). Если ореолы рассеяния ИМК попадали в зону действия транзитного водотока, то они уничтожались полностью или сильно разубоживались, и, наоборот, при переотложении этих ореолов водотоками высоких порядков формировались [4, 8] богатые продуктивные горизонты. Аллювиальные отложения боруллойской свиты накапливались в то время, когда вся западная часть региона была перекрыта ботуобинскими бассейновыми образованиями, а в восточной — каменноугольные ореолы рассеяния ИМК были уже в основном размыты. Степень перспективности боруллойских аллювиальных отложений на формирование богатых продуктивных горизонтов по сравнению с лапчанской и ботуобинской свитами ниже. Наличие в них ИМК может свидетельствовать о размыве как сохранившихся останцов более древних продуктивных отложений, так и коренных источников алмазов, по-

павших в зону эрозионной деятельности боруллойских водотоков [6, 10]. Все это необходимо учитывать при планировании и проведении поисковых работ на рассматриваемой территории. Следует отметить, что МБАР и ДААР являются важными регионами алмазодобычи, однако для восполнения убывающих запасов алмазов необходимо открытие здесь новых коренных и россыпных месторождений, поскольку имеющиеся резервные месторождения характеризуются ограниченными запасами. Анализ установленных минералогических признаков, структурно-тектонических и литолого-фациальных предпосылок поискового прогнозирования, а также степени и надёжности опоискования территории свидетельствует о возможности обнаружения в этом районах алмазоносных кимберлитовых трубок. Хотя центральные части (Мирнинское, Алаkitское и Мархинское кимберлитовые поля) являются наиболее изученной территорией, однако и здесь возможно обнаружение немагнитных и мелких размеров алмазоносных кимберлитовых тел в пределах выделенных и ещё недоизученных локальных перспективных участков, тяготеющих к зонам разломов Вилуйско-Мархинской системы. На остальной (основной) северо-западной, северной и северо-восточной частях районов, где широко развиты отложения верхнего палеозоя, проведены алмазопроисковые работы разной детальности. Кимберлитовые трубки и первичные потоки рассеяния ИМК пока здесь не обнаружены. В отложениях лапчанской, ботуобинской и боруллойской свит установлены два обширных минералогических ореола (Кюеляхский и Бахчинский), отходящих от МКП соответственно в северо-западном и северо-восточном направлениях [1, 9]. Эти ореолы характеризуются высокими концентрациями ИМК, которые несут следы механического износа. Отмечается также наличие зёрен крупностью до 2 мм (с

реликтами келифитовых кайм на некоторых зёрнах пиропов). В данных ореолах отмечаются находки алмазов, а в Кюеляхском минеральном поле зафиксированы две россыпи алмазов (Восточная и Западная). Закартированы перспективные ореолы рассеяния ИМК и в ДААР [1–2]. Детальное и комплексное изучение физиографических, морфологических и химических особенностей данных кимберлитовых минералов показало, что основное их число имеет сходство с таковыми из высокоалмазоносных трубок Мирнинского, Далдынского и Алаkitского полей. В МБАР эти ИМК претерпели значительный износ за счёт неоднократного перебива и переотложения в допозднепалеозойское время, а меньшая часть характеризуется отличными от трубочных ассоциаций признаками. Около россыпи Западная устанавливается существенно пикроильменитовая ассоциация минералов относительно хорошей сохранности и предполагается, что они поступили из неизвестного кимберлитового тела, находящегося в западной части Верхне-Иреляхского поднятия. Подобные контрастные ореолы зафиксированы в грубообломочных отложениях лапчанской, ботуобинской и боруллойской свит в пределах Бахчинского минерального поля (ореолы Дэлбергинский и Медвежий), где выполняют неглубокую палеоложбину, в пределах зоны разломов Вилуйско-Мархинской системы. Учитывая недостаточную степень опоискованности участков этих трёх указанных ореолов, необходимо их доизучение с целью обнаружения здесь своих алмазоносных кимберлитовых трубок. Следует также отметить, что прирост запасов алмазов возможен также и за счёт выявления новых верхнепалеозойских россыпей в пределах площадей развития высококонтрастных ореолов рассеяния ИМК Кюеляхского минерального поля, хотя и со сложным строением продуктивного пласта и при значительных (30–80 м) мощностях вскрыши.

ЛИТЕРАТУРА

- Афанасьев В.П., Зинчук Н.Н., Похиленко Н.П. Поисковая минералогия алмаза. Новосибирск: Гео, 2010. 650 с.
- Бобриев А.П., Илупин И.П., Козлов И.Т., Лебедева Л.И., Панкрат-Панкратов А.А., Смирнов Г.И., Харькив А.Д. Петрография и минералогия кимберлитовых пород Якутии. М.: Недра, 1964. 192 с.
- Звягин Б.Б. Электронография и структурная кристаллография глинистых минералов. М.: Наука, 1964. 282 с.
- Зинчук Н.Н. Коры выветривания и вторичные изменения кимберлитов Сибирской платформы. Новосибирск: НГУ, 1994. 240 с.
- Зинчук Н.Н. Постмагматические минералы кимберлитов. М.: Недра, 2000. 538 с.
- Зинчук Н.Н., Коптиль В.И. Типоморфизм алмазов Сибирской платформы. М.: Недра, 2003. 603 с.
- Зинчук Н.Н., Котельников Д.Д., Соболева С.В. Строение и минералогические особенности кор выветривания кимберлитов на малых трубках Якутии // Бюлл. МОИП. Отдел. геологич., 1997. Т. 72. Вып. 5. С. 56–64.
- Зинчук Н.Н., Котельников Д.Д., Соколов В.Н. Изменение минерального состава и структурных особенностей кимберлитов Якутии в процессе выветривания // Геология и геофизика. 1982. № 2. С. 42–53.
- Зинчук Н.Н., Мельник Ю.М., Серенко В.П. Апокимберлитовые породы // Геология и геофизика. 1987. № 10. С. 66–72.
- Зинчук Н.Н., Стегницкий Ю.Б., Мельник Ю.М. Особенности профиля коры выветривания кимберлитовых пород Накынского поля // Проблемы прогнозирования, поисков и изучения месторождений полезных ископаемых на пороге XXI века. Воронеж: ВГУ, 2003. С. 74–80.
- Орлов Ю.Л. Минералогия алмаза. М.: Наука, 1984. 264 с.
- Харькив А.Д., Мельник Ю.М. Древняя кора выветривания кимберлитовых пород трубки имени XXIII съезда КПСС // Геология, петрография и минералогия магматических образований северо-восточной части Сибирской платформы. М.: Наука, 1970. С. 230–246.
- Хитров В.Г., Зинчук Н.Н., Котельников Д.Д. Применение кластер-анализа для выяснения закономерностей выветривания пород различного состава // Докл. АН СССР. 1987. Т. 296. № 5. С. 1228–1233.
- Шамшина Э.А. Коры выветривания кимберлитовых пород Якутии. Новосибирск: Наука, 1979. 150 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. Bobrievich A.P., Ilupin I.P., Kozlov I.T., Lebedeva L.I., Pankratov A.A., Smirnov G.I., Charkiv A.D. *Petrography and mineralogy of kimberlite rocks of Yakutia*. M., Nedra, Publ, 1964, 192 p. (In Russian)
3. Zvyagin B.B. *Electronography and structural crystallography of argillaceous minerals*. M., Nauka, Publ, 1964, 282 p. (In Russian)
4. Zinchuk N.N. *Crusts of weathering and secondary alterations of kimberlites of the Siberian platform*. Novosibirsk: NSU, 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., Koptil V.I. *Typomorphism of diamonds of the Siberian platform*. M.: Nedra, Publ, 2003, 603 p. (In Russian)
7. Zinchuk N.N., Kotelnikov D.D., Soboleva S.V. Structure and mineralogical features of kimberlites crusts of weathering on small pipes of Yakutia. *Bul. of MOIP. Geol. department*, 1997, V. 72, Is. 5, pp. 56–64. (In Russian)
8. Zinchuk N.N., Kotelnikov D.D., Sokolov V.N. Transformation of mineral composition and structural features of kimberlites of Yakutia in the process of weathering. *Geology and geophysics*, 1982, no 2, pp. 42–53. (In Russian)
9. Zinchuk N.N., Melnik Y.M., Serenko V.P. Apokimberlite rocks. *Geology and geophysics*, 1987, no 10, pp. 66–72. (In Russian)
10. Zinchuk N.N., Stegnitsky Y.B., Melnik Y.M. Specific features of the weathering crust profile of the Nakyn field kimberlite rocks. *Problems of forecasting, prospecting and investigation of mineral deposits on the threshold of the XXI century*. Voronezh, VSU, Publ, 2003, pp. 74–80. (In Russian)
11. Orlov Y.L. *Mineralogy of diamond*. M.: Nauka, Publ, 1984, 264 p. (In Russian)
12. Charkiv A.D., Melnik Y.M. Ancient crust of weathering of the CPSU XXIIIrd Congress pipe kimberlite rocks. *Geology, petrography and mineralogy of magmatic formations of the Siberian platform north-eastern part*. M.: Nauka, Publ, 1970, pp. 230–246. (In Russian)
13. Hitrov V.G., Zinchuk N.N., Kotelnikov D.D. Application of cluster-analysis for clearing out regularities of various composition rocks' weathering. *DAS USSR*, 1987, V 296, no 5, pp. 1228–1233. (In Russian)
14. Shamshina E.A. *Crusts of weathering of Yakutia kimberlite rocks*. Novosibirsk: Nauka, Publ, 1979, 150 p. (In Russian)

УДК 552.26, 552.12, 552.333.1, 551.248.1, 551.735

КАМЕННОУГОЛЬНЫЙ $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ ВОЗРАСТ РЕДКОМЕТАЛЛЬНЫХ РИОЛИТОВ И ИГНИМБРИТОВ В САКМАРСКОМ АЛЛОХТОНЕ ЮЖНОГО УРАЛА, ИХ ОСОБЕННОСТИ СОСТАВА И ОБСТАНОВКИ ФОРМИРОВАНИЯ

А.В. РЯЗАНЦЕВ¹, А.В. ПИЛИЦЫНА¹, И.А. НОВИКОВ², К.Е. ДЕГТЯРЕВ¹

¹Геологический институт РАН
7, Пыжевский пер., г. Москва 119017, Россия
e-mail: avryazan51@mail.ru

²Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН (ИГЕМ РАН)
35, Старомонетный пер., Москва 119017, Россия
e-mail: i.novikov@niigb.ru

В структуре Сакмарского аллохтона на Южном Урале локально распространена толща риолитов и игнимбритов, имеющих ниобий-цирконий-редкоземельную геохимическую специализацию. Толща несогласно залегает на смятых в складки палеозойских комплексах, включая девонские. Риолиты содержат фенокристаллы калиевого полевого шпата, кварца, гломеропорфировые сростки полевых шпатов и ксенолиты гранитов. По геохимическим особенностям вулканиды имеют признаки формирования во внутриплитной обстановке, а их состав отвечает гранитам А-типа. $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ возраст фельзитовой основной массы риолитов 303 ± 2 млн. лет и это значение определяет возраст эффузивного комплекса. Для вкрапленников полевых шпатов получен возраст 306 ± 3 млн. лет и 337 ± 3 млн. лет. Первое значение аналогично возрасту матрикса и связано с формированием вулканического комплекса. Второе значение относится, по-видимому, к ксеногенному материалу. Полученные значения возраста характеризуют эволюцию каменноугольного магматизма в структуре активной континентальной окраины, проявленного в разных структурных зонах Урала. Комплекс редкометалльных риолитов характеризует финальный позднекаменноугольный внутриплитный (рифтогенный) магматизм в тыловой части активной окраины. Формирование комплекса предшествовало связанному с коллизией шарьированию офиолитовых аллохтонов.

Ключевые слова: редкометалльные риолиты; игнимбриты; Урал; активная континентальная окраина; коллизия; рифтогенез; карбон; $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ возраст.

CARBONIFEROUS $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ AGE OF THE RARE METAL-ENRICHED RHYOLITES AND IGNIMBRITES IN THE SAKMARA ALLOCHTHON OF THE SOUTHERN URALS, THEIR GEOCHEMICAL FEATURES AND GEODYNAMIC SETTING

A.V. RYAZANTSEV¹, A.V. PILITSINA¹, I.A. NOVIKOV², K.E. DEGTYAREV¹

¹Geological Institute of the Russian Academy of Sciences,
7, Pyzhevsky street, Moscow 19017, Russia
e-mail avryazan51@mail.ru

²Institute of Geology of Ore Deposits, Petrography, Mineralogy and Geochemistry RAS (IGEM RAS)
35, Staromonetny lane, Moscow 119017, Russia
e-mail: i.novikov@niigb.ru

In the structure of the Sakmara allochthon of the Southern Urals sequence with rhyolites and ignimbrites locally occurs. They have Nb-Zr-REE geochemical specialization. This sequence unconformably overlays folded Paleozoic complexes, including the Devonian ones. Rhyolite contains K-feldspar and quartz phenocrysts, K-feldspar glomeroporphyrites and granite xenolith. Geochemical features of the rhyolites show intraplate-originated affinities and A-type granite composition. $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ age of the felsitic matrix of the rhyolites of 303 ± 2 Ma defines the age of the volcanic complex origin. For feldspar phenocrysts the age of 306 ± 3 Ma and 337 ± 3 Ma is obtained. The first value coincides to the matrix age and connected with formation of the volcanic complex. The second value belongs, apparently, to xenogenic material. Obtained age values reflect the evolution of Carboniferous active continental margin magmatism, widespread in different structural zones of the Urals. Rare-metal rhyolites characterize the final late Carboniferous intraplate (rift-related) back-arc magmatism at the active continental margin. Volcanism preceded to a collision-related ophiolitic thrust nappes emplacement.

Keywords: rare metal-enriched rhyolite; ignimbrite; Urals; active continental margin; rifting, collision; carboniferous, $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ age.

На Южном и Среднем Урале распространены эффузивные и гипабиссальные интрузивные комплексы с породами кислого состава, имеющими калиевую щелочность и редкометалльную геохимическую специализацию. Изотопные данные о возрасте комплексов противоречивы. Возраст принимается в диапазоне от раннего карбона по ранний триас включительно. В Сакмарской зоне в структуре северо-восточного обрамления Хабаровинского офиолитового аллохтона, в 2 км к востоку от пос. Белашапка, ранее были описаны ультракалиевые риолиты, которым присуща ниобий-цирконий-редкоземельная геохимическая специализация [7]. Прямых данных о возрасте этих пород не было, а по косвенным признакам предполагался додевонский возраст.

Методы аналитических исследований

Содержания петрогенных оксидов определены методом рентгено-спектрального флуоресцентного анализа в лаборатории химико-аналитических исследований ГИН РАН, редких и рассеянных элементов — методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой в АСИЦ ИПТМ РАН (г. Черноголовка). Химический состав минеральных индивидов и агрегатов изучен в Институте глазных болезней РАН (г. Москва) с помощью сканирующего электронного микроскопа EVOL510 (Zeiss, Германия), оснащенного кремний-дрейфовым энергодисперсионным спектрометром

OxfordX-MAX50 (Oxford, Великобритания), с кремний-дрейфовым детектором. Качественно содержания элементов (начиная от бора и с большим атомным номером) оценены без напыления непокрытого шлифа в режиме низкого вакуума ($P 70$ Па), при ускоряющем напряжении 20 кВ и токе на образце 470 пА. Избирательно, для некоторых участков поверхности шлифа, были построены карты качественного распределения содержания химических элементов.

Возраст $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ методом определён А.В. Травиным в лаборатории изотопно-аналитических методов в Институте геологии и минералогии СО РАН, Новосибирск.

Положение в структуре комплекса редкометалльных риолитов

На юге Урала Главный уральский разлом (ГУР) разделяет структуры палеоконтинентального сектора на западе и палеоокеанического сектора на востоке (рис. 1). В палеоконтинентальном секторе в Западно-Уральской и Центрально-Уральской мегазонах распространены выступы докембрия, которые представлены, в частности, в зоне Уралтау (часть Центрально-Уральской мегазоны). Породы докембрия перекрыты чехлом терригенно-карбонатных и кремнисто-терригенных толщ. В палеоокеаническом секторе распространены комплексы, сформированные в зоне перехода от континента к океану, представленные островодужными комп-

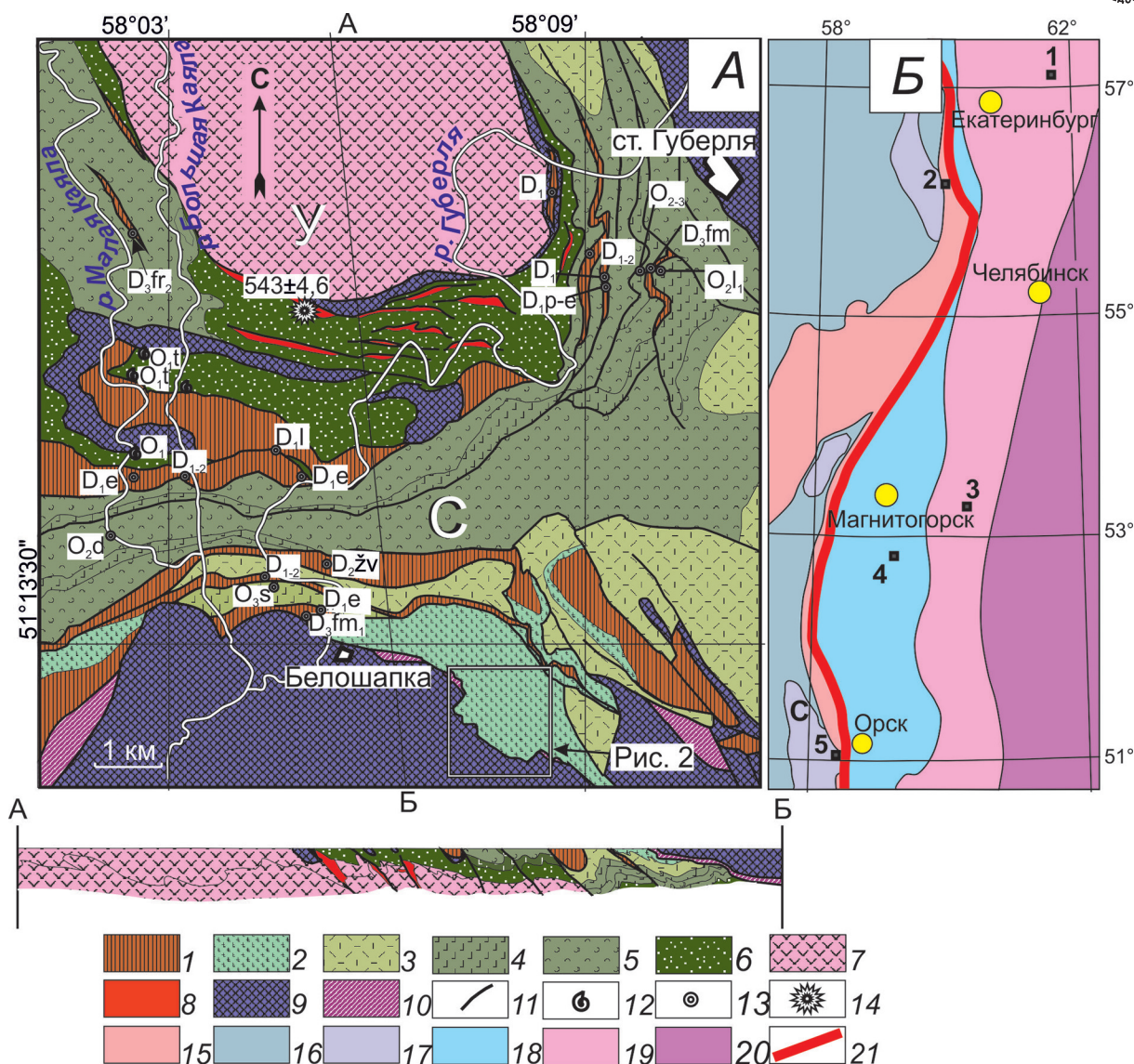


Рис. 1. Геологическая схема района сочленения Уралтауской, Сакмарской зон (А) и схема основных структур Урала (Б): 1 – кремнистые толщи: сакмарская свита (S_1 – D_{1l}), аккуринская толща (D_{1-2}), зилайская свита (D_3fm); 2 – дергайшская свита (S_1), базальты, с прослоями углеродистых сланцев, известняков; 3–5 – губерлинская свита (O_{2-3}): 3 – риолиты, дациты, их туфы, туффиты верхней толщи, 4 – базальты нижней толщи, 5 – туффиты, алевролиты нижней толщи; 6 – кидрясовская и колнабукская свиты нерасчлененные (O_1), песчаники, алевролиты; 7 – каялинская (лушниковская) свита (V); 8 – граниты (V); 9 – комплексы офиолитов и серпентинитовый меланж; 10 – габбро-амфиболиты, амфиболиты, гранатовые амфиболиты; 11 – тектонические контакты; 12–13 – точки находок органических остатков и их возраст: 12 – брахиопод и трилобитов, 13 – конодонтов; 14 – точка отбора пробы на цирконы и значение возраста; зона Уралтау (У), Сакмарская зона (аллохтон) (С). Прямоугольником показано положение участка рис. 2; на врезке (Б): 15 – комплексы докембрийского фундамента Западно-Уральской и Центрально-Уральской мегазон; 16 – палеозойские комплексы терригенно-карбонатного чехла Восточно-Европейской платформы, флиш и молассы Предуралья краевого прогиба; 17 – комплексы краевых аллохтонов; 18 – Тагило-Магнитогорская мегазона; 19 – Восточно-Уральская мегазона; 20 – Зауральская мегазона; 21 – Главный уральский разлом; черные квадраты – районы распространения каменноугольных и триасовых (?) магматических комплексов кислого состава повышенной щелочности: 1 – покровский риолитовый комплекс; 2 – кордонокаменский комплекс риолитов и игнимбритов и хомутовский комплекс граносиенитов и щелочных гранитов; 3 – кисинетский комплекс гранит-порфиров и игнимбритов; 4 – малочекинский комплекс монцититов, щелочных сиенитов, щелочных гранитов и граносиенитов; 5 – белошапкинский комплекс риолитов и игнимбритов

лексами и офиолитами. К западу от ГУР верхнее структурное положение занимают краевые аллохтоны, надвинутые с востока (в современных координатах), сложенные разнообразными комплексами зоны перехода от континента к океану.

В аллохтонах Сакмарской зоны, имеющей синформное строение, и сопряженной с ней антиформе зоны Уралтау (рис. 1) тектонически сближены

вендские и палеозойские комплексы, характеризующие разные геодинамические обстановки. Комплексы нижних аллохтонов сформированы в структуре активной континентальной окраины, а комплексы верхних аллохтонов, среди которых преобладают офиолиты, — во внутриокеанических обстановках [8]. Тела калиевых риолитов находятся в структуре нижних аллохтонов (рис. 2). Обоснова-

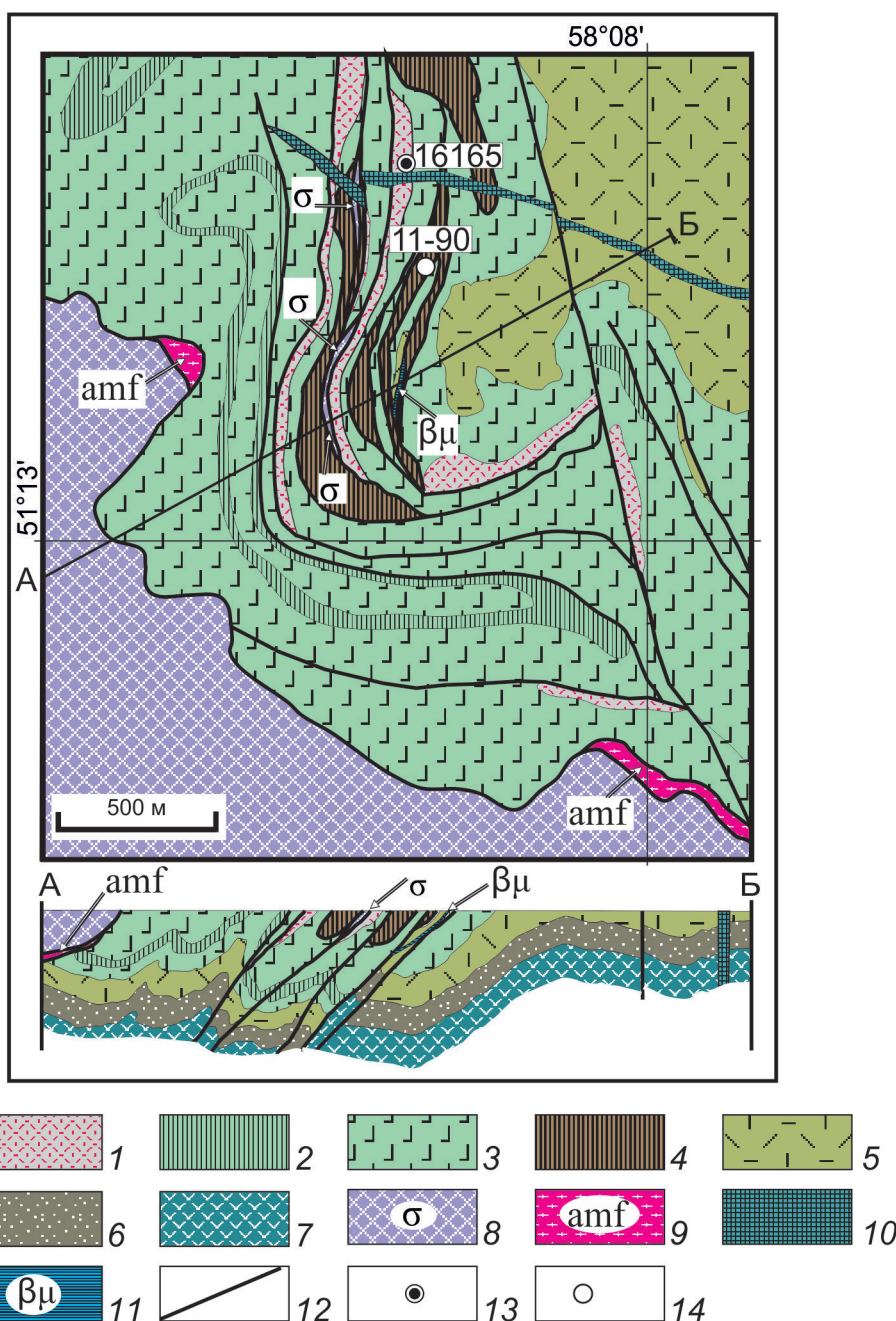


Рис. 2. Схема геологического строения северо-восточного обрамления Хабаровинского офиолитового аллохтона к востоку от дер. Белошапка и геологический разрез по линии А-Б: 1 – белошапкинский комплекс каменноугольный, риолиты, дациты, игнимбриты; 2 – сакмарская свита (нижний силур–лохковский ярус нижнего девона) и акчуринская свита (нижний–средний девон) нерасчлененные, углеродистые кремни, кремни; 3–4 – дергайшская свита (нижний силур): 3 – базальты, 4 – углеродистые кремни; 5 – губерлинская свита среднего–верхнего ордовика, риолиты, их туфы и туффиты, базальты; 6 – кидрясовская и колнабукская свиты нижнего ордовика нерасчлененные, песчаники, алевролиты (только на разрезе); 7 – каялинская (лушниковская) свита венда, туфы и туффиты кислого и среднего составов, базальты (только на разрезе); 8 – дунит-гарибургитовый комплекс офиолитов и серпентиниты (σ); 9 – амфиболиты и гранатové амфиболиты (amf); 10–11 – дайковые комплексы: 10 – пироксенотрофировые долериты ($\beta\mu$), нижний–средний карбон (?); 11 – афировые долериты, триас (?); 12 – тектонические контакты; 13 – точка отбора пробы на абсолютный возраст и её номер; 14 – точка находки конодонтов и её номер

ние возраста выделенных в этом районе докаменноугольных толщ и интрузий было приведено в [8]. В видимом основании разреза нижних аллохтонов залегает вендская вулканогенно-осадочная каялинская (лушниковская) свита. Она несогласно

перекрывается терригенной кидрясовской свитой (O_1), выше которой залегает вулканогенно-осадочная губерлинская свита (O_{2-3}). На губерлинскую свиту согласно налегает дергайшская свита нижнего силура (базальты с линзами карбонатов и углеродис-

то-кремнистых сланцев). Выше, согласно или с тектоническим контактом, залегают толщи кремнистых пород и углеродисто-кремнистых сланцев нижнего силура—фаменского яруса верхнего девона. Описанные комплексы смяты в складки нескольких генераций, ранние из которых представлены изоклинальными лежачими и опрокинутыми складками. Структура осложнена чешуйчатыми надвигами и взбросо-надвигами северо-восточной vergentности, которые определяют присутствие тектонических клиньев, сложенных различными фрагментами разреза, а также ультрабазитами.

Редкометалльные калиевые риолиты участвуют в строении толщи, которая несогласно залегает на палеозойских комплексах. В видимом основании разреза присутствуют игнимбриты, мелкообломочные кристаллокластические туфы, выше которых залегают флюидалные риолиты и дациты. Эту толщу предлагается выделить как белошапкинскую. Верхняя часть её разреза срезана разломами. Белошапкинская толща слагает изогнутые в плане полосы шириной до 50 м и протяженностью более 1 км, конформные общему структурному плану. Падение её пластов 45—60°. Самые молодые подстилающие отложения представлены девонской кремнистой толщей, в которой в точке 11—90 найдены нижнеэмские конодонты *Pandorinellina cf.*

steinhornensis, *Polygnathus cf. dehiscens*. В центральной части участка риолиты губерлинской свиты (O₂₋₃) косо пересекаются дайкой пироксенофировых долеритов (β_μ) мощностью около 5 м. На севере участка палеозойские комплексы, включая белошапкинскую толщу, пересекаются мощной (до 50 м) дайкой афировых долеритов. Дайки этого комплекса прорывают и офиолитовый аллохтон.

Особенности состава белошапкинского комплекса

Риолиты белошапкинской толщи (комплекса) имеют порфировую структуру и флюидалную текстуру. Фенокристаллы представлены кварцем, часто резорбированным, калиевым полевым шпатом и альбитом. Калиевые полевые шпаты образуют гломеропорфировые сростки. Отмечаются ксенолиты гранитов с гипидиоморфнозернистой и гранофировой структурами. Структура основной массы фельзитовая, с редкими сферолитами. В некоторых разностях в основной массе развит агрегат мелкочешуйчатого биотита и хлорита. Из акцессорных минералов в шлифах наблюдаются кристаллы аланита (рис. 3), равномерно рассеянные в основной массе, а также вытянутые в цепочки, конформные флюидалности, или кососекущие её. Отмечаются редкие, крупные (до 100 мкм) кристаллы циркона.

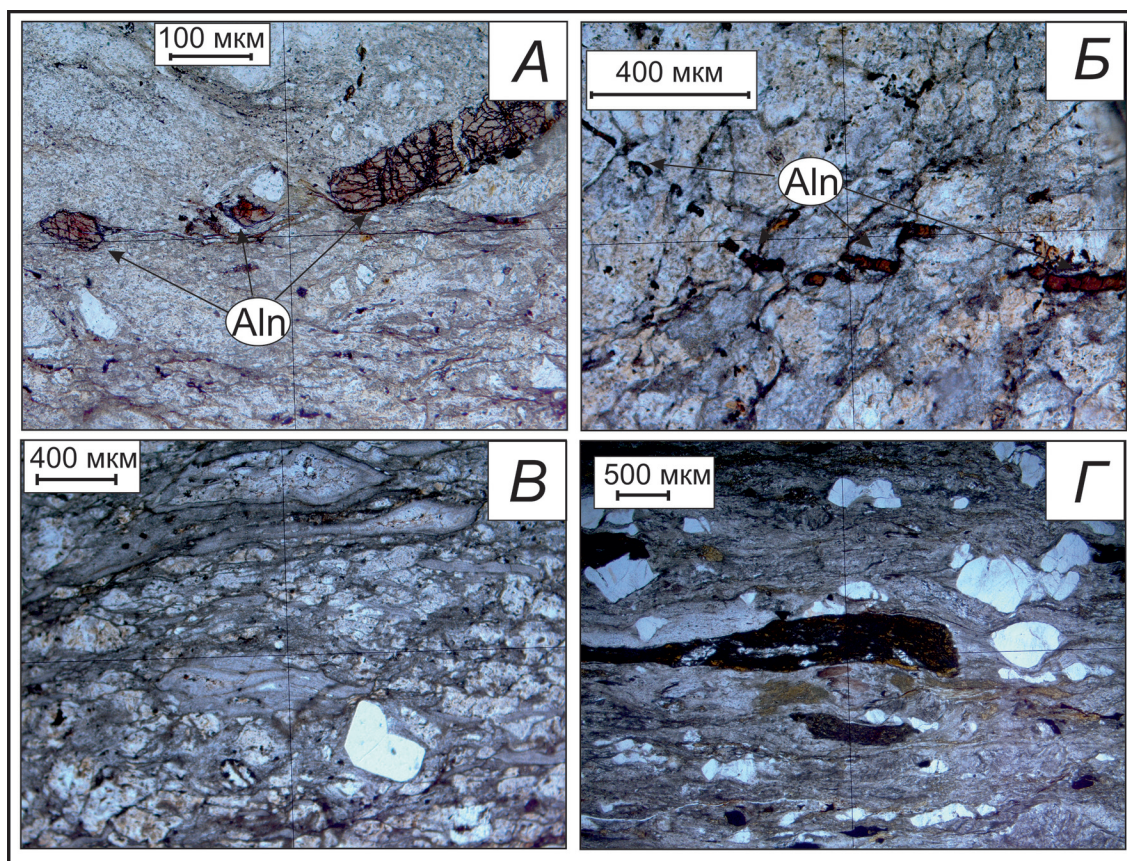


Рис. 3. Фотографии шлифов вулканических пород белошапкинского комплекса: А, Б — кристаллы аланита (Aln) в риолите (без анализатора); В, Г — игнимбриты (без анализатора)

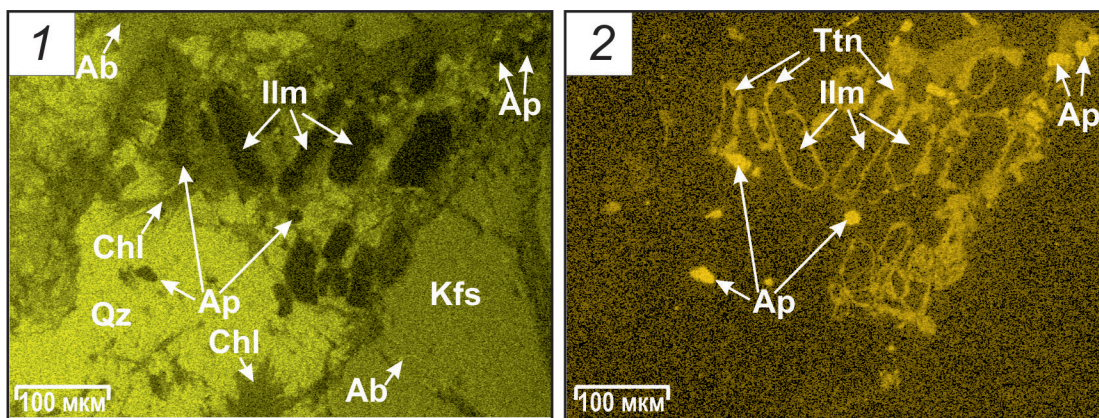


Рис. 4. Пространственное распределение кремния (А) и кальция (Б) по данным качественного химического микрокартирования шлифа риолитов белшапкинського комплексу з використанням енергодисперсійного спектрометра (ЭДС) на базі скануючого електронного мікроскопа (СЭМ); Ilm – ильменит, Ttn – титанит, Ap – апатит, Chl – хлорит, Qz – кварц, Ab – альбит, Kfs – калієвий полевої шпат

В виде отдельных изометричных или пластинчатых кристаллов присутствует ильменит, который местами образует кучные скопления (рис. 4). По краям кристаллов ильменит замещается титанитом. Здесь же отмечаются редкие, мелкие (около 1 мкм) пластинки редкометалльного (с РЗЭ и Nb) железо-титанового карбоната. Кроме того, по ильмениту неравномерно развивается лейкоксен.

При микрозондовых исследованиях устанавливаются многочисленные равномерно рассеянные в основной массе, мельчайшие (1–2 мкм) зёрна цирконов и апатита (до 15 мкм) (рис. 4). В тяжёлой фракции риолитов, помимо аланита и ильменита, обнаружен колумбит.

Игнимбриты имеют эвтакситовую текстуру. Они сложены расплюснутыми обломками девитрифицированного стекла с фенокристаллами кварца и полевых шпатов (рис. 3).

По петрохимической классификации породы белшапкинського комплексу відповідають риолітам і дацитам. Відношення K_2O/Na_2O в них в основному не перевищує 2 (рис. 5). Вміст Zr становить 1060–1520 г/т, Nb — 205–250 г/т (таблиця, рис. 5). Сума рідких земель варіює від 703 до 1087 г/т. По співвідношенню Zr, Ga, Al риоліти відповідають гранітам А-типу. На дискримінаційних діаграмах Пірса [17] фігуративні точки складових порід комплексу розташовані в полі внутріплитних гранітів. На спайдер-діаграмах спостерігаються збагачення рідкими елементами по всьому спектру. При цьому характерні негативні аномалії Eu, Ba, Sr, Ti (рис. 6).

Данные о возрасте комплекса и корреляция со сходными комплексами Урала

Определения возраста $^{40}Ar/^{39}Ar$ методом из риолитов в точке 16165 с координатами 51°13'36" с.ш., 58°07'20" в.д. проведены по основной массе и по вкрапленным калиевым полевым шпатам. По основ-

ной массе получено плато с возрастом 303 ± 2 млн. лет (рис. 7). Для полевого шпата, промежуточное плато которого соответствует 21% выделенного ^{39}Ar , рассчитано значение возраста 306 ± 3 млн. лет. При увеличении температуры выделено значительно большее количество аргона, и возраст плато составил 337 ± 3 млн. лет. По-видимому, в породе присутствуют две разновозрастных генерации калиевого полевого шпата. Более древняя генерация принадлежит гранитным ксенолитам.

Неоднозначность определения возраста риолитов, а также локальность распространения комплекса определяют необходимость корреляции белшапкинського комплексу з близькими по складу комплексами Урала.

Вулканиды белшапкинського комплексу відрізняються від просторово близьких з ними риолітів губерлінської свити (O_{2-3}), які мають натрієвий тип щелочності і низький рівень вмісту рідких і розсіяних елементів (рис. 5, 6).

Кисинетський комплекс виділяється в Східно-Уральському піднятті [12, 13]. Крім граніт-порфірів, в його складі описані ігнімбрити. Порооди збагачені Nb і Ta (рис. 5, 6). Раніше вік комплексу визначався, як середньокам'яноугольний [12]. Пізніше по Rb-Sr ізохронам був отриманий вік $238 \pm 1,8$ млн. років [13].

В Східно-Магнітогорській зоні виділяється гіпабісальний малочекінський комплекс щелочних гранітоїдів [13]. Гранітоїди комплексу мають Nb-РЗЭ геохімічну спеціалізацію (рис. 5, 6). Вік комплексу приймався кам'яноугольним [14]. По двом пробам цирконів U/Pb методом (SHRIMP II, ЦІІ ВСЕГЕІ) були отримані значення 354 ± 4 і 353 ± 4 млн. років, що відповідають турнейському віку [15]. Ці значення не були прийняті, так як гранітоїди проривають визейські толщі. По цирконах із дайки риоліт-порфірів, розсікає граніти малочекінського комплексу,

Состав калиевых риолитов и игнимбритов
белешапкинско-го комплекса

Номера проб	11-87/2	1269	16165
SiO ₂	75,4	76,27	66,95
TiO ₂	0,21	0,26	0,56
Al ₂ O ₃	10,7	10,49	12,95
Fe ₂ O ₃	3,7	2,72	5,03
FeO	1,65	1,10	2,08
MnO	0,048	0,03	0,04
MgO	1,4	0,31	2,51
CaO	0,24	0,04	0,34
K ₂ O	3,2	4,63	4,13
Na ₂ O	2,3	3,03	3,15
P ₂ O ₅	0,027	0,06	0,03
ппп	0,83	0,93	2,01
Сумма	99,7	99,87	99,77
Be	9,6	11,5	7,2
Sc	1,3	1,9	0,82
V	1,9	12,8	2,5
Cr	7,5	32,8	4,9
Co	1,1	0,92	1,2
Ni	12,0	4,7	4,9
Cu	9,3	11,0	3,2
Zn	245	172	393
Ga	42,7	36,5	47,4
Rb	87,4	61,3	70,4
Sr	52,0	40,4	57
Y	135	200	119
Zr	1366	1517	1056
Nb	205	255	220
Mo	2,9	2,8	2,2
Cs	1,7	0,52	1,1
Ba	95,4	118	231
La	157	218	149
Ce	346	442	286
Pr	38,9	51,6	34,0
Nd	148	192	119
Sm	30,6	39,4	26,8
Eu	3,1	3,9	4,2
Gd	31,5	37,2	25,1
Tb	5,0	6,1	4,1
Dy	29,8	38,7	24,1
Ho	6,2	7,7	4,8
Er	18,1	22,8	12,5
Tm	2,6	3,0	1,7
Yb	17,2	21,1	10,5
Lu	2,4	3,0	1,5
Hf	34,3	38,0	26,2
Ta	13,1	11,3	9,8
Pb	14,5	11,9	13,2
Th	20,4	26,9	18,2
U	5,4	5,9	5,4

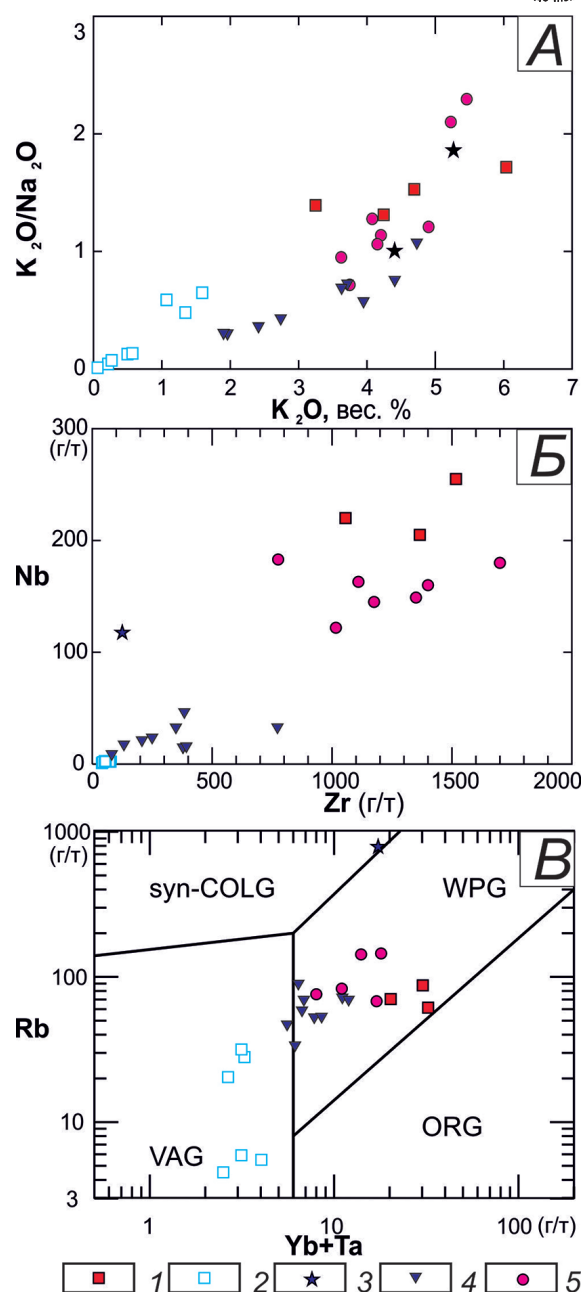


Рис. 5. Петрогеохимические диаграммы $K_2O/Na_2O - K_2O$ (А), $Nb - Zr$ (Б), $Rb - Yb+Ta$ (В) для вулканитов района Белешапка и каменноугольных и триасовых пород повышенной щелочности Южного и Среднего Урала: 1 – риолиты, дациты и игнимбриты белешапкинско-го комплекса; 2 – риолиты и их туфы губерлинско-й свиты среднего-верхнего ордовика; 3 – гранит-порфиры кисинетского комплекса, по [13]; 4 – монзониты, щелочные сиениты, щелочные граниты, щелочные граносиениты малочекинского комплекса, по [13]; 5 – трахириодациты, риолиты, игнимбриты (кордонокаменский комплекс), граносиениты, щелочные граниты (хомутовский комплекс), по [3]; на диаграмме (В), по [17] – ORG – граниты океанических хребтов; syn-COLG – синколлизионные граниты; VAG – граниты вулканических дуг; WPG – внутриплитные граниты

U-Pb методом получены значения возраста 315 ± 5 и 318 ± 5 млн. лет, а Rb-Sr методом — 305 ± 7 млн. лет [9, 10]. Этим данным противоречат результаты определения возраста гранитоидов малочекинского комплекса Rb-Sr методом [13]. По пяти валовым

пробам установлен изотопный возраст 237 ± 21 млн. лет. Возраст комплекса, скорее всего, отвечает серпуховскому—башкирскому веку, однако для подтверждения такого вывода требуются дополнительные исследования.

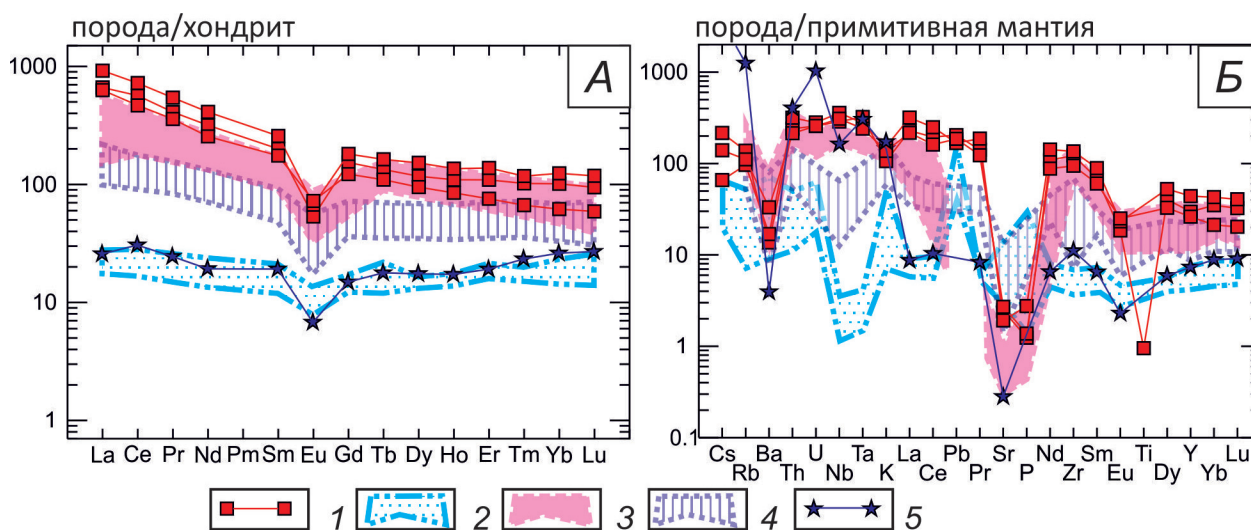


Рис. 6. Хондрит-нормализованные спектры РЗЭ (А) и спайдер-диаграммы элементов-примесей, нормированных к примитивной мантии (Б) по [19], для вулканитов района Белошапка и триасовых пород повышенной щелочности Южного и Среднего Урала: 1 – риолиты, дациты и игнимбриты белошапкинського комплекса; 2 – риолиты и их туфы гурберлинской свиты; 3 – трахириодациты, риолиты, игнимбриты (кордонокаменский комплекс), граносиениты, щелочные граниты (хомутовский комплекс), по [3]; 4 – монзониты, щелочные сиениты, щелочные граниты, щелочные граносиениты малочекинского комплекса, по [13]; 5 – гранит-порфиры кисинетского комплекса, по [13]

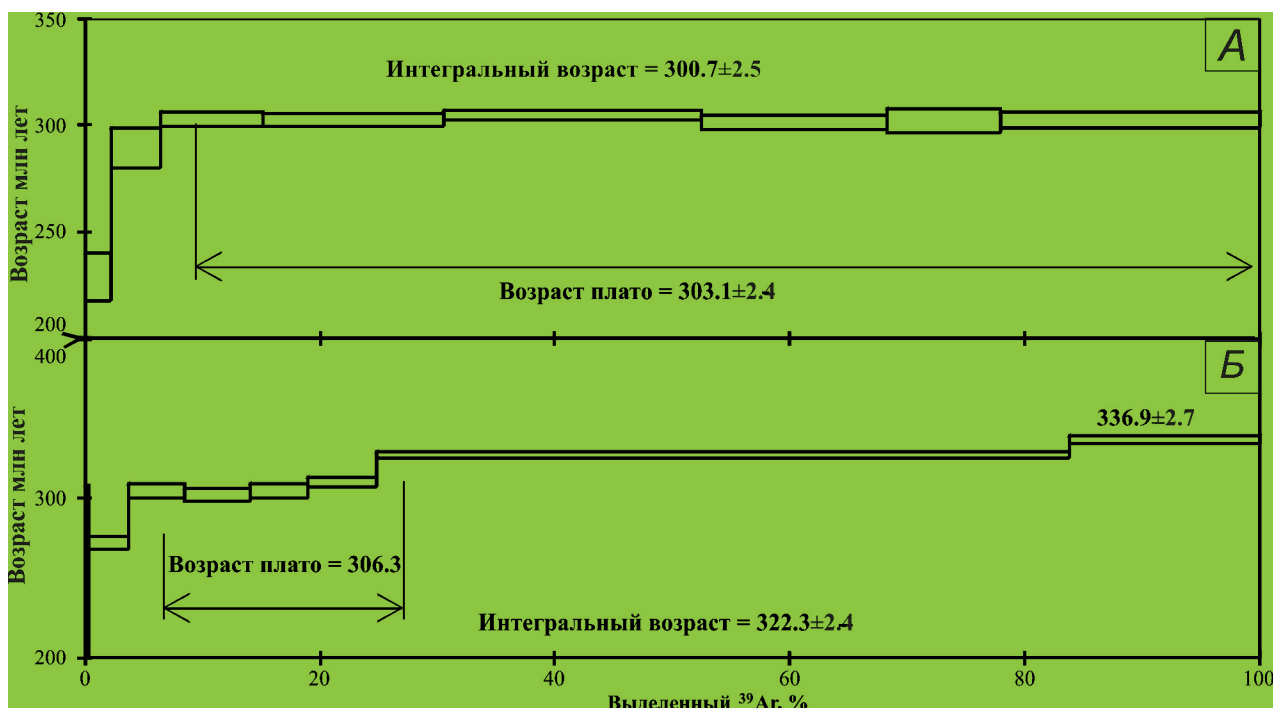


Рис. 7. Спектры возрастов для основной массы риолитов (А) и для вкрапленников калиевого полевого шпата (Б) по данным $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ метода

На востоке Среднего Урала распространены терригенные толщи с туфами и игнимбритами трахитов, трахидацитов, риодацитов, риолитов [5]. Вулканиды выделяются как покровский комплекс [1]. По нескольким пробам значения возраста, определённые К-Аг методом, варьируют от 250 до 335 млн. лет. Ранее из этой выборки принимались значения 315–326 млн. лет, что соответствует среднему карбону [1, 5]. В настоящее время с учётом

прежних данных возраст комплекса рассматривается как позднепалеозойско-мезозойский [11].

На Среднем Урале в Уфалейском антиклинории выделяется кордонокаменский комплекс, представленный субвулканическими и жерловыми телами, сложенными трахириолитами с переходами в покровные фации с игнимбритами и туфами [3]. Комагматичным считается хомутовский комплекс граносиенитов и щелочных гранитов. Породы кор-

донокаменского и хомутовского комплексов имеют ярко выраженную Nb-Zr-P3Э геохимическую специализацию (рис. 5, 6). По структурному положению возраст кордонокаменского и хомутовского комплексов условно определяется как позднекаменноугольно-раннепермский.

Сравнение приведённых данных показывает, что наиболее близким к белошапкинскому комплексу по составу и возрасту является кордонокаменский комплекс. Оба эти комплекса занимают западное по сравнению с другими положение и принадлежат Зилаиро-Лемвинской структурно-формационной зоне. Они подстилаются сходными по составу допалеозойскими и раннепалеозойскими комплексами.

Этапы формирования комплексов и структуры в конце палеозоя—начале мезозоя

Данные о структурном положении белошапкинського комплекса косвенно подтверждают его каменноугольный возраст. Комплекс несогласно залегает на смятых в складки толщах, включая девонские, и сам принимает участие в строении поздних складок. Пироксенофиновые долериты ($\beta\mu$), слагающие конформные по отношению к складчатой структуре дайки, отличаются повышенными (до 500 г/т) содержаниями Sr. Возраст долеритов, по-видимому, раннекаменноугольный. Сходные по составу раннекаменноугольные дайковые комплексы распространены в Магнитогорской зоне [10]. Аллохтон Хабарнинского офиолитового массива дискордантно залегает на подстилающих комплексах, включая белошапкинскую толщу. Офиолиты имеют «горячий» тектонический контакт с комплексом «метаморфической подошвы», в которой верхний возраст связанного с обдукцией метаморфизма, оценивается ранним девонем [6]. Шарьирование офиолитовых аллохтонов вместе с метаморфической подошвой происходило, по-видимому, в поздней перми, так как южнее, в Актюбинской области, аллохтоны залегают на нижнепермских комплексах [2]. Возраст комплекса афировых долеритов, рвущих породы офиолитового аллохтона и подстилающих комплексов, включая белошапкинский, вероятно, мезозойский. Фор-

мирование белошапкинського комплекса происходило до шарьирования офиолитов.

Геодинамическая обстановка формирования белошапкинського комплекса

Полученные значения возраста 337 и 303—306 млн. лет отражают каменноугольную эволюцию магматизма. Раннекаменноугольное значение связано, по-видимому, с ксеногенным гранитоидным материалом. Позднекаменноугольные значения определяют возраст эффузивного белошапкинського комплекса, образованного за счёт плавления раннекаменноугольных гранитов.

Считается, что в карбоне продолжала формироваться, развивающаяся с позднего девона, активная континентальная окраина Балтики. В её структуре широко проявлен раннекаменноугольный рифтогенный магматизм с формированием базальт-риолитовых толщ, комагматичных габбро-гранитных интрузий и базитовых даек. Гранитоидный магматизм также широко представлен в позднем палеозое [4, 14]. По-видимому, гранитоиды в ксенолитах белошапкинских риолитов связаны с раннекаменноугольным магматизмом континентальной окраины.

Белошапкинський комплекс по составу коррелируется с олигоценным комплексом редкометалльных риолитов Sierra Blanca в Техасе, который сформирован на активной континентальной окраине Северо-Американской плиты [18]. Определённое сходство по обстановкам формирования при переходе от субдукции к коллизии белошапкинський комплекс имеет с кайнозойскими вулканами Малого Кавказа [16]. Можно предполагать, что формирование белошапкинського комплекса в позднем карбоне характеризует финальный внутриплитный (рифтогенный) магматизм, в тыловой части активной континентальной окраины. Формирование комплекса предшествовало связанному с коллизией шарьированию офиолитовых аллохтонов.

Авторы выражают признательность Е.В. Пушкарёву, Г.Б. Ферштатеру, Э.М. Спиридонову за обсуждение проблем, касающихся описанного комплекса. Работа выполнена в рамках темы № 0135-2016-0009 ГИН РАН и поддержана грантом РФФИ № 14-27-00058.

ЛИТЕРАТУРА

- Иванов К.С. Ультракалийевые липаритовые порфиры на Урале // ДАН СССР. 1979. Т.247. № 4. С. 908—912.
- Коробков В.Ф., Баймагамбетов Б.К., Сапожников П.К., Улукпанов К.Е. Путеводитель геологических экскурсий по Мугоджарам, Восточному Прикаспию и Актюбинскому Приуралью. Актобе: АктюбНИГРИ. 2012. 358 с.
- Малютин С.А., Градовский И.Ф., Успенская Е.А. Трахириодацит-граносиенитовая и комедит-трахириолит-щелочно-гранитная ассоциации Центрально-Уральского поднятия и их рудоносность (Средний Урал) // Известия вузов. Геология и разведка. 2007. № 5. С. 22—31.
- Прибавкин С.В., Пушкарёв Е.В. Возраст поздних орогенных гранитоидов Урала по данным U-Pb изотопии цирконов (на примере Шарташского и Шабровского массивов) // Докл. РАН. 2011. Т. 438. № 3. С. 369—373.
- Пучков В.Н. Палеогеодинамика Южного и Среднего Урала. Уфа: ГИЛЕМ, 2000. 146 с.
- Пушкарёв Е.В., Серов П.А., Бирюзова А.П. Изотопные Sm-Nd данные о раннедевонском возрасте динамометаморфизма в основании офиолитовых аллохтонов в Сакмарской зоне Южного Урала // Докл. РАН. 2007. Т. 413. № 2. С. 224—228.

7. Пушкарёв Е.В., Ферштатер Г.Б. Ультракалиевые липариты в обрамлении Хабарнинского массива // Ежегодник 1985. ИГиГ УНЦ АН СССР. Свердловск, 1986. С. 44–45.
8. Рязанцев А.В., Толмачева Т.Ю. Ордовикские вулканогенные и плутонические комплексы Сакмарского аллохтона на Южном Урале // Геотектоника. 2016. № 3. С. 23–51.
9. Салихов Д.Н., Мосейчук В.М., Пучков В.Н., Холоднов В.В., Андреичев В.Л., Баянова Т.Б. О возрасте щелочных гранитоидов Магнитогорской габбро-гранитной серии // Литосфера. 2013. №5. С. 165–171.
10. Салихов Д.Н., Холоднов В.В., Осипова Т.А., Рахимов И.Р. Каменноугольно-пермский магматизм и связанное с ним оруденение (Магнитогорская и Восточно-Уральская мегазоны Южного Урала) // Литосфера. № 5. 2016. С. 35–57.
11. Смирнов В.Н., Ферштатер Г.Б., Иванов К.С. Схема тектоно-магматического районирования территории восточного склона Среднего Урала // Литосфера. 2003. № 2. С. 40–56.
12. Тевелев А.В., Кошелева И.А., Попов В.С., Кузнецов И.Е. и др. Палеозойские зоны сочленения восточного Урала и Зауралья // Тр. лаб. геологии складчатых поясов (Вып. 4) / Под. ред. проф. А.М. Никишина. М.: Изд-во МГУ, 2006. 300 с.
13. Тевелев А.В., Кошелева И.А., Фурина М.А., Беляцкий Б.В. Триасовый магматизм Южного Урала: геохимия, изотопия, геодинамика // Вестник МГУ. Серия 4. Геология. 2009. № 2. С. 29–38.
14. Ферштатер Г.Б. Палеозойский интрузивный магматизм Среднего и Южного Урала. Екатеринбург: РИО УрО РАН, 2013. 368 с.
15. Фурина М.А. Строение и условия формирования массивов триасовых щелочных гранитоидов Малочекинского комплекса (Восточно-Магнитогорская зона, Южный Урал). Автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук. М., 2010. 24 с.
16. Dilek Y., Imamverdiyev N., Altunkaynak S. Geochemistry and tectonics of Cenozoic volcanism in the Lesser Caucasus (Azerbaijan) and the peri-Arabian region: collision-induced mantle dynamics and its magmatic fingerprint // International Geology Review, 2009. vol. 52. N 4, P. 536–578. DOI: 10.1080/00206810903360422
17. Pearce J.A., Harris N.B., Tindle A.G. Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks // J. of Petrology. 1984. Vol. 25. N 4. P. 956–983.
18. Price J.G., Jeffrey R.N., Henry C.D., Pinkston T.L., Tweedy S.W., Koppelaar D.W. Rare-Metal enriched peraluminous rhyolites in a continental arc, Sierra Blanca area, Trans-Pecos Texas; Chemical modification by vapor-phase crystallization // Ore bearing granitic systems; petrogenesis and mineralizing processes / Ed. H.J. Stein, J.L. Hannah // Geol. Soc. Amer. 1990. Spec. Paper. Vol. 246. P. 103–120.
19. Sun S.S. and McDonough W.F. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts; implications for mantle composition and processes. // Magmatism in the ocean basins / Ed. A.D. Saunders., M.J. Norry. Geological Society of London. London, Special Publications 1989. Vol. 42. P. 313–345.
1. Ivanov K.S. Ultra-Potassium liparite porphyres in the Urals. *Doklady of the USSR Academy of Sciences*, 1979, vol. 247, no 4, pp. 908–912. (In Russian).
2. Korobkov V.F., Bajmagambetov B.K., Sapozhnikov P.K., Ulukpanov K.E. *Guidebook for geological excursions to the Mugodzhary Mountains, Eastern Caspian region and Aktyubinsk Urals*. Aktobe, AktyubNIGRI, 2012, 358 p. (in Russian).
3. Maljutin S.A., Gradovskij I.F., Uspenskaya E.A. Trachydacite-granosenite and comendite-trachyrhyolite-alkali granitic associations of the Central Uralian uplift and their ore-bearing. *Izvestiya vuzov. Geologiya i razvedka*, 2007, no 5, pp. 22–31. (In Russian).
4. Pribavkin S.V., Pushkarev E.V. The age of late orogenic granitoids of the urals based on U-Pb isotope dating of zircons (Exemplified by the Shartash and Shabry massifs). *Doklady of Russian Academy of Sciences*, 2011, vol. 438(1), pp. 627–631. (In Russian)
5. Puchkov V.N. *Paleogeodynamics of the Southern and Middle Urals*. Ufa, Dauria Publ, 2000, 146 p. (In Russian).
6. Pushkarev E.V., Serov P.A., Biryuzova A.P., Isotopic Sm-Nd data on early devonian age of metamorphism in the sole of ophiolite allochthons of Saccara zone in the Southern Ural. *Doklady of Russian Academy of Sciences*, 2007, vol. 413(1), pp. 198–202. (In Russian)
7. Pushkarev E.V. Fershtater G.B. Ultrapotassic liparites in the frame of the Khabarny massif. *Ezhegodnik 1985* [Yearbook 1985], IGIG UNC AN SSSR, Sverdlovsk, 1986, pp. 44–45. (In Russian).
8. Ryzantsev A.V., Tolmacheva T.Yu. Ordovician volcanic and plutonic complexes of the Sakmara allochthon in the southern Urals. *Geotectonics*, 2016, vol. 50, no 6, pp. 553–578. (In Russian)
9. Salikhov D.N., Moseychuk V.M., Puchkov V.N., Kholodnov V.V., Andreichev V.L., Bayanova T.B. About the age of alkali granitoids of the Magnitogorsk gabbro-granite serie. *Lithosphere* [Lithosphere], 2013, no 5, pp. 165–171. (In Russian).
10. Salikhov D.N., Kholodnov V.V., Osipova T.A., Rakhimov I.R. Carboniferous-Permian magmatism and associated mineralization (Magnitogorsk and East Uralian zones of Southern Urals). *Lithosphere* [Lithosphere], 2016, no 5, pp. 35–57. (In Russian).
11. Smirnov V.N., Fershtater G.B., Ivanov K.S. Scheme of the tectonic-magmatic zoning of the Eastern slope of the Middle Urals. *Lithosphere* [Lithosphere], 2003, no 2, pp. 40–56. (In Russian)
12. Tevelev A.V., Kosheleva I.A., Popov V.S., Kuznetsov I.E. Osipova T.A., Pravikova N.V., Vostretsova E.S., Gustova A.S. Paleozooids of conjugation zone between the East Urals and the Transuralian Region. *Proceedings of folded belts laboratory* (no 4) / Ed. A.M. Nikishin. Moscow: Moscow State Univ Publ, 2006, 300 p. (In Russian)
13. Tevelev A.V., Kosheleva I.A., Furina M.A., Belyatsky B.V. Triassic Magmatism in the South Urals: Geochemistry, Isotopic, Composition, and Geodynamics. *Moscow University Geology Bulletin*, vol. 64, no 2, pp. 92–101.
14. Fershtater G.B. *Paleozoic intrusive magmatism of the Middle and South Urals*. Ekaterinburg: RIO. Uralian Branch, Russian Academy of Sciences, 2013. 368 p. (In Russian).
15. Furina M.A. *Structure and formation conditions of Triassic massifs of alkaline granitoids of the Malochekinsky complex (East Magnitogorsk zone, southern Urals)*. Author's abstract of dissertation of scientific degree of candidate of geological and mineralogical Sciences. Moscow. 2010. 24 p. (In Russian).
16. Dilek Y., Imamverdiyev N., Altunkaynak S. Geochemistry and tectonics of Cenozoic volcanism in the Lesser Caucasus (Azerbaijan) and the peri-Arabian region: collision-induced mantle dynamics and its magmatic fingerprint. *International Geology Review*, 2009, vol. 52, no 4, pp. 536–578. DOI: 10.1080/00206810903360422
17. Pearce J.A., Harris N.B., Tindle A.G. Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks. *J. of Petrology*, 1984, vol. 25, no 4, pp. 956–983.
18. Price J.G., Jeffrey R.N., Henry C.D., Pinkston T.L., Tweedy S.W., Koppelaar, D.W. Rare-Metal enriched peraluminous rhyolites in a continental arc, Sierra Blanca area, Trans-Pecos Texas; Chemical modification by vapor-phase crystallization. Ore bearing granitic systems; petrogenesis and mineralizing processes, Ed. H.J. Stein, J.L. Hannah, *Geol. Soc. Amer*, 1990, Spec. Paper, vol. 246, pp. 103–120.
19. Sun S.S. and McDonough W.F. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts; implications for mantle composition and processes. *Magmatism in the ocean basins*, Ed. A.D. Saunders., M.J. Norry, *Geological Society of London*, 1989, London, Special Publications, vol. 42, pp. 313–345.

REFERENCES

ПОЛЕЗНЫЕ ИСКОПАЕМЫЕ,
МЕТОДИКА ИХ ПОИСКОВ И РАЗВЕДКИ

УДК 552.3+553.2

ПОЗДНЕПАЛЕОЗОЙСКИЙ ЩЕЛОЧНО-ГРАНИТОИДНЫЙ МАГМАТИЗМ
ЮЖНОГО КАЗАХСТАНА И ЕГО УЧАСТИЕ В СТРОЕНИИ
РУДОНОСНЫХ ВУЛКАНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ
КЕНДЫКТАС-ЧУ-ИЛИ-БЕТПАКДАЛИНСКОЙ
УРАНОНОСНОЙ ПРОВИНЦИИ

С.А. МАЛЮТИН

ФГБОУ ВПО «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе»
23, Миклухо-Маклая ул., г. Москва 117997, Россия
e-mail: geopoisk2013@yandex.ru

Выделены ареалы распространения щелочных гранитоидов в Южном Казахстане, большая часть которых приурочена к Кендыктас-Чу-Или-Бетпакдалинской ураноносной провинции, возраст которой традиционно считался позднедевонско-раннекаменноугольным. Приведены аргументы в пользу позднепалеозойского возраста щелочных пород. Установлена близость петрографического состава, петрохимических и геохимических особенностей щелочных гранитов Чу-Илийско-Западно-Балхашского ареала и позднепалеозойских щелочных гранитов Заилийского ареала, подтверждающее их одинаковый возраст и континентально-рифтогенное происхождение. Отмечено сходство в развитии магматизма и гидротермальной минерализации рудоносных вулканических сооружений Чуйского ареала (Курманшитинское) и Северо-Западного Чингиза (Улькентузское и Достарское). В этих сооружениях девонские вулканогенные породы прорваны субвулканическими телами комендитов и более поздними дайками микроаббродиоритов и микродиоритов. Гидротермальная минерализация сооружений была многоэтапной. К раннему этапу относятся вторичные кварциты, развитые в девонских вулканогенных породах. С комендитами связаны калиево-шпатизированные и альбитизированные породы, а также зоны редкометалльных (Zr, Nb, Th, U и TR) железо-магнезиальных метасоматитов, возникшие в средний этап. В поздний этап, после внедрения даек микроаббродиоритов, произошло образование березитов с U-Мо оруденением. Комендиты в сооружениях Северо-Западного Чингиза прорывают отложения D₂₋₃ и D₃-C₁ и считаются комагматичными щелочным гранитам соседних массивов (Тлеумбетскому и Куйректыкольскому) позднего палеозоя. Отмеченное сходство также может свидетельствовать о вероятном позднепалеозойском возрасте комендитов Чуйского ареала. Приведены примеры наложения березитов и U-Мо оруденения на позднепалеозойские граносиениты Курдайского вулканического сооружения, а также на щелочные граниты Карасайского сооружения, возраст которых также может быть позднепалеозойским.

Ключевые слова: ареал; магматический комплекс; комендит; щелочной гранит; континентальный рифтогенез; редкометалльное и урановое оруденение.

LATE PALEOZOIC ALKALI-GRANITOID MAGMATISM OF SOUTHERN KAZAKHSTAN AND ITS ROLE IN THE FORMATION OF THE ORE-BEARING VOLCANIC STRUCTURES OF KENDYKTAS-CHU-ILI-BETPAK-DALA URANIUM ORE PROVINCE

S.A. MALIUTIN

*Russian State Geological Prospecting University
23, Miklouho-Maklay's street, Moscow 117997, Russia
e-mail: geopoisk2013@yandex.ru*

Areas of distribution of alkaline granitoids in southern Kazakhstan have been identified, most of which are located within the Kendyktas-Chu-Ili-Betpakdalin uranium-bearing province, traditionally considered as Late Devonian-early Carboniferous. Arguments in favor of late Paleozoic age of alkaline rocks have been given. The proximity of the petrographic composition, petrochemical and geochemical features of the alkaline granites of the Chu-Ili-West-Balkhash area and late Paleozoic alkaline granites of the Zailiysky area has been established, confirming their age and continental rift origin. Similarity in the development of magmatism and hydrothermal mineralization of ore-bearing volcanic structures of the Chui area (Kurmanshitinskoe) and North-Western Chingiz (Ulkentuz and Dostar) has been revealed. In these structures, Devonian volcanic rocks are interspersed with subvolcanic bodies of comendites and later dikes of microgabbrodiorites and microdiorites. The hydrothermal mineralization of these structures took place in multiple stages. The early stage includes secondary quartzites, which developed in Devonian volcanogenic rocks. Comendite is associated with K-feldspated and albitized rocks, as well as with zones of rare-metal (Zr, Nb, Th, U and TR) Fe-Mg metasomatites that originated in the middle stage. In the later stage, after the introduction of microgabbrodiorite dikes, brezites with U-Mo mineralization formed. Comendites in the structures of the North-Western Chingiz break through the deposits D_{2-3} and D_3-C_1 and are considered to be the comagmatic alkaline granites of the neighboring late Paleozoic massifs (Tleumbet and Kuyrektykol). The noted similarity may also indicate that the Chui area comendites are likely to be dated to the late Paleozoic age. Examples have been given to the superposition of brezites and U-Mo mineralization on the late Paleozoic granosyenites, which are widespread in the Kurdai volcanic structure, as well as on the alkaline granites of Karasai volcanic structure. Their age may also be late Paleozoic. Additional research has been recommended for the final conclusions on the age of alkaline rocks and uranium mineralization.

Keywords: area; magmatic complex; comendite; alkaline granite; continent rifting; rare-metal and uranium mineralization.

Месторождения урана Кендыктас-Чу-Или-Бетпакдалинской провинции, к настоящему времени отработанные или законсервированные, в большинстве случаев приурочены к девонским вулканическим сооружениям. В пределах сооружений наряду с кислыми вулканитами покровной, экструзивной и субвулканической фаций часто встречаются тела щелочных гранит-порфиров, граносиенитов и щелочных гранитов, возраст которых, также считался девонским, и дорудные дайки микрогаббродиоритов и микродиоритов. Возраст даек и оруденения в настоящее время принимается позднедевонским — раннекаменноугольным [16].

В последние годы были получены новые данные, свидетельствующие в пользу позднепалеозойского возраста щелочных пород [2—4]. В связи с этим возможна и переоценка возраста уранового оруденения, тем более что в результате радиологических исследований соответствующий диапазон в 250—270 млн. лет отмечался часто, но принимался за время регенерации руд [16].

Главные черты геологического строения и магматизма Кендыктас-Чу-Или-Бетпакдалинской провинции

Кендыктас-Чу-Или-Бетпакдалинская провинция, охватывающая территорию Чуйского поднятия, Кендыктасских и Чу-Илийских гор, относится

к каледонской складчатой области, активизированной в позднем палеозое. Она характеризуется чрезвычайно сложным геологическим строением, в котором участвуют блоки докембрийских метаморфических пород, осадочные и вулканогенно-осадочные отложения кембрия, ордовика, силура и девона, перекрытые толщами терригенных и карбонатных пород верхнего девона и карбона в наложенных впадинах [6, 11—12].

Среди вулканогенно-осадочных образований девона выделяются три свиты: коктаасская (D_{1-2}), карасайская (D_{2-3}) и кияхтинская (D_3). В составе коктаасской свиты преобладают терригенные породы, а андезиты, базальты, дациты и их туфы имеют подчиненное значение. Карасайская свита сложена в основном лавобрекчиями, туфами, игнимбридами и лавами кислого состава, а кияхтинская свита является туфогенно-осадочной [6]. Породы свит, а также связанные с ними экструзивно-субвулканические образования участвуют в строении многочисленных вулканических построек, часть из которых является рудоносными.

На территории провинции широко проявлен гранитоидный магматизм, представленный крупными (несколько сотен квадратных километров) массивами (Жельтауский, Каракамысский, Каибский, Жалгызский, Тасжарганский, Кендерлыкский, Хантауский, Кызылтасский, Жосандалин-

ский и др.). В связи с отсутствием контактов гранитных массивов с отложениями наложенных впадин возраст их определялся в основном по аналогии с соседними районами. В.С. Коптев-Дворников в Бетпак-Дале выделял раннекаледонский, среднекаледонский (первый девонский), позднекаледонский (второй девонский), раннегерцинский, среднегерцинский и позднегерцинский комплексы [11, 12], однако после обнаружения перекрытия фаменскими конгломератами гранитов массива Каиб, а также на основании данных определения абсолютного возраста, подавляющее большинство массивов стали считаться девонскими.

В последние годы были получены новые данные о возрастных соотношениях гранитов различных фаз между собой и с осадочными отложениями D_3 - C_1 . Е.А. Виноградова [2—4] на основе многолетнего изучения гранитоидного магматизма Чу-Илийских гор, сопоставления его с гранитами Северного Прибалхашья и новых данных геохронологических исследований пришла к выводу о полихронности большинства массивов и предприняла попытку расчленения интрузивных пород на разновозрастные магматические комплексы.

В схеме расчленения фанерозойского магматизма Чу-Илийских гор, предложенной ею, фигурируют более 20 магматических комплексов, возникших после внедрения нормальных биотитовых гранитов жельтауского комплекса D_3 и охватывающих интервал пермь—юра. Раннепермскими считаются пять комплексов (от ранних к поздним): каракамысский кварцево-диоритовый, жалгызский биотитовых лейкогранитов, сарыбулакский щелочно-полевошпатовых гранитов, кокдомбакский гранодиорит-монцититовый и трангылыкский, представленный сиенитами, кварцевыми сиенитами, граносиенитами и гастингситовыми гранитами. Каракамысский и жалгызский комплексы сопоставляются с топарским комплексом Северного Прибалхашья, а сарыбулакский с акчатауским. Позднепалеозойский возраст сарыбулакского комплекса подтверждается фактами прорывания гранитами фаменских отложений и результатами радиологических исследований.

В мезозойскую группу условно помещен алатагылский комплекс щелочных гранитов T_3 , выделенный Е.А. Виноградовой впервые. Возраст его требует уточнения, так как в Северном Прибалхашье щелочные граниты практически отсутствуют.

Все комплексы малых интрузивов и даек регионального распространения считаются пермскими и триасовыми.

Ареалы развития щелочно-гранитоидного магматизма в Южном Казахстане

На юге Казахстана щелочные гранитоиды получили достаточно широкое распространение. Здесь можно выделить четыре главных ареала: Южно-

Кетменский, Заилийский, Чуйский и Чу-Илийско-Западно-Балхашский (рис. 1).

Южно-Кетменский ареал приходится на южные склоны хребта Кетмень. Он имеет субширотное простирание и протягивается от границы с КНР на запад более чем на 75 км. Здесь получила развитие бимодальная толща вулканитов P_1 (базмоянакская свита) средней мощностью 700—800 м. Толща состоит главным образом из оливиновых базальтов и трахибазальтов, характеризующихся недосыщенностью кремнезёмом и избытком щелочей. Менее распространены спекшиеся туфы и игнимбриты комендитов и трахириолитов, а также осадочные породы. Наряду с покровами в ней наблюдаются жерловые и субвулканические фации вулканитов. В восточной части ареала известны небольшие массивы кварцевых сиенитов, граносиенитов и щелочных гранитов [19].

Породы ареала обладают большим сходством с вулканогенными породами Южной Монголии, а сам ареал представляет собой, по мнению В.В. Ярмолюка, западный фланг Гоби-Тяньшанской ветви позднепалеозойской Центрально-Азиатской рифтовой системы. Эта ветвь протягивается в субширотном направлении от восточных границ Южной Монголии через территорию Монголии и КНР до хребтов Северного Тянь-Шаня. Общая протяженность её составляет около 4000 км [19].

Заилийский ареал, расположенный в Северном Тянь-Шане, прослеживается по территории Казахстана и Кыргызстана в субширотном направлении от западного фланга хребта Кетмень на востоке до Киргизского хребта на западе на расстояние около 300 км. В восточной части ареала находятся массивы Джассыкульский, Бешеке и Чубар-Ата, а в западной — Торайгырский, Киртавулгинский, Байбичен-Саур и др. В районе сочленения Заилийского ареала с горами Кендыктас от него отходят две ветви. Первая (Кендыктасская), ориентированная на северо-запад, прослеживается вдоль гор Кендыктас до границы с отложениями Чуйской синеклизы приблизительно на 100 км. Эта ветвь представлена многочисленными массивами Кара-Кулунузской и Соуг-Тобенской групп. Вторая ветвь прослеживается в юго-восточном направлении вдоль южного берега оз. Иссык-Куль (массив Кызыл-Омпул и др.).

Щелочные массивы сложены породами трёх главных фаз: сиенитами, граносиенитами и щелочными гранитами, проявленными в разной степени. Последовательность формирования пород отчетливо устанавливается в массивах Кызыл-Омпул, Кара-Кулунуз, Байбичен-Саур и др. [5].

Сиениты представлены несколькими разновидностями от щелочноземельных до щелочных и нефелинсодержащих.

Более поздние граносиениты, распространенные менее широко, чаще всего представлены розо-

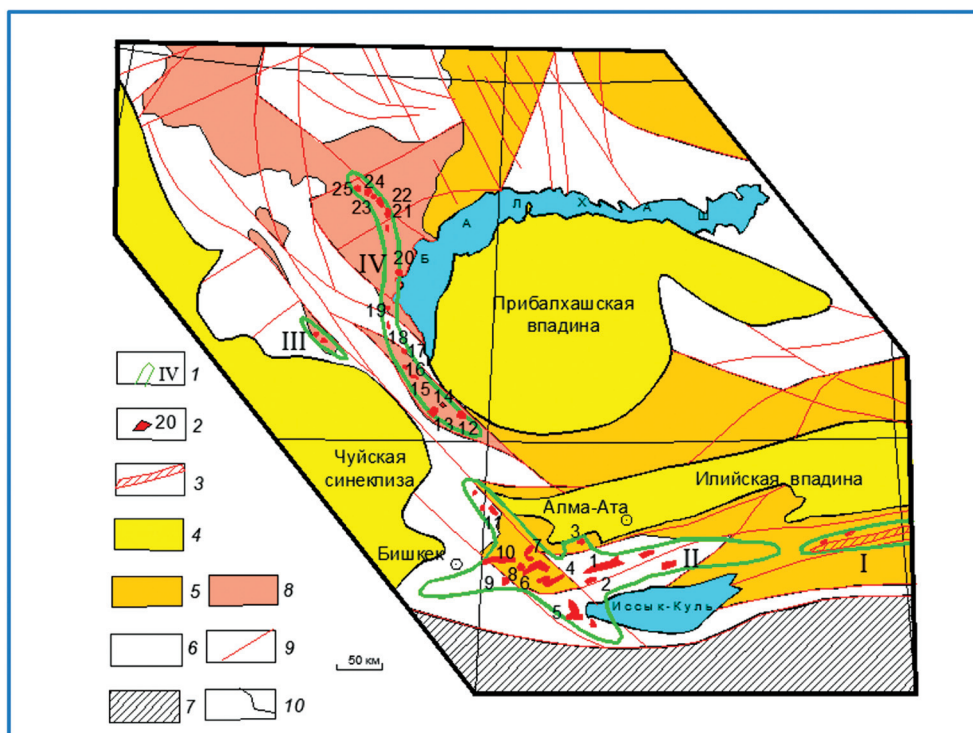


Рис. 1. Схема размещения ареалов щелочно-гранитоидных пород в Южном Казахстане: 1 – ареалы и их номера; 2 – отдельные массивы, дайки и их группы с номером; 3 – поля развития поздне-палеозойской бимодальной трахибазальт-комендитовой формации; 4 – основные площади распространения девонских эффузивов; 5 – основные площади распространения карбоновых и пермских эффузивов; 6 – площади развития других протерозойских и фанерозойских пород; 7 – структурные комплексы Среднего Тянь-Шаня; 8 – площади развития четвертичных отложений; 9 – разрывные нарушения; 10 – геологические границы; ареалы: I – Южно-Кетменский; II – Заилийский; III – Чуйский; IV – Чу-Илийско-Западно-Балхашский; массивы, дайки и их группы: 1 – Джассыкульский; 2 – Торайгырский; 3 – Чубар-Ата; 4 – Киртавулгинский; 5 – Кызыл-Омпульская группа; 6 – Бешке; 7 – группа Соуг-Тобе; 8 – Утасский; 9 – Байбичен-Саур; 10 – Кара-Кунузская группа; 11 – Водораздельный; 12 – Аксуекский; 13 – Кызылтасский; 14 – Конкурганский; 15 – Карасайский; 16 – Алатагылский; 17 – Бетбулакская группа даек; 18 – Каракамысская группа даек; 19 – Восточно-Каракамысский; 20 – Приозерский; 21 – Балакудукский; 22 – Кызылтауский; 23 – Шунакский; 24 – Таятханский; 25 – Косшоки

выми (до красных) породами со среднезернистой основной массой и фенокристаллами микроклина. Роговая обманка в них чаще всего обыкновенная, но в некоторых разновидностях наблюдаются щелочные амфиболы.

Щелочные граниты, совместно с внедрившимися ранее граносиенитами, слагают крупные массивы (Джассыкульский, Киртавулгинский, Утасский и др.) и штокообразные или линейно вытянутые тела меньших размеров. Они характеризуются редкометалльной специализацией. В гранитах отмечаются повышенные концентрации Zr, Nb, Ta, TR, Th и U [5].

Одни исследователи объединяют все щелочные гранитоиды в единый многофазный позднепалеозойский интрузивный комплекс [5]. Другие — сиениты и кварцевые сиениты относят к самостоятельному каракунuzскому комплексу, а граносиениты и щелочные граниты — к талгаро-кескеленскому [8].

На возраст комплексов существуют две точки зрения. Некоторые геологи относят щелочные граниты к позднему девону [1, 8]. Согласно другой точке зрения, они являются позднепалеозойскими.

В пользу этого свидетельствуют факты прорывания сиенитами, граносиенитами и щелочными гранитами каменноугольных и нижнепермских (?) отложений (группа Соуг-Тобе, Байбичен-Саур, Кызыл-Омпуль, Чубар-Ата и др.) и данные радиологических исследований (240—280 млн. лет) [5, 15].

В.В. Ярмолук также считает щелочные гранитоиды Северного Тянь-Шаня позднепалеозойскими и связывает их образование с Гоби-Тяньшанской ветвью Центрально-Азиатской рифтовой системы [19].

Чуйский ареал расположен в пределах Чуйского геантиклинального поднятия в северо-западной части провинции. Он отделен от Кендыктасской ветви Заилийского ареала Чуйской синеклизой. Общая протяженность ареала в северо-западном направлении составляет не менее 60 км (рис. 1).

По данным С.Я. Шувалова [18], ареал представлен гарполитоподобными экструзивными телами комендитов и дайкообразными субвулканическими интрузиями щелочных гранит-порфиров, прорывающими ниже—среднедевонскую вулканогенно-осадочную толщу и более древние отложения.

Последние преимущественно развиты среди пород верхнего протерозоя, а также секут массивы гранитов, в том числе Курманшитинский массив, предположительно позднепалеозойского возраста. Их протяженность составляет 10–12 км, а мощность достигает 300 м.

Контакты экструзивных и субвулканических тел щелочного состава с терригенными породами среднего и верхнего девона не наблюдались, однако в конгломератах, условно относящихся к франскому ярусу, распространена обильная галька свежих и гидротермально-измененных (окварцованных и серицитизированных) кислых вулканитов. На основании этого факта возраст щелочных тел считается эйфельским. Следует отметить, что макроскопически в гальке риолиты D_{1-2} от комендитов и щелочных гранит-порфиров отличить практически невозможно, поэтому девонский возраст щелочных пород нельзя считать доказанным. Не исключена вероятность, что комендиты и щелочные гранит-порфиры комагматичны щелочным гранитам Заилийского ареала и имеют позднепалеозойский возраст. Наиболее молодыми породами этого района являются редкие дайки микродиоритов.

Чу-Илийско-Западно-Балхашский ареал протягивается от пос. Аксуек (на юге) на северо-запад, вдоль западного побережья оз. Балхаш, до пос. Жамбыл. Он представляет собой цепочку из 14 массивов щелочных гранитоидов протяженностью не менее 250 км. Ширина ареала не превышает 25 км (рис. 1).

Сиениты и кварцевые сиениты составляют большую часть Аксуекского, Кызылтасского, Конкурганского и Приозерского массивов. Граносиениты и щелочные граниты в них встречаются реже. Остальные массивы (Алатагылский, гребневый выход в Кызылтасском массиве, Карасайский, Бетбулакские дайкообразные тела, дайки в Каракамысском массиве, Восточно-Каракамысский, Кызылтауский, Шунакский, Таятхан и др.) сложены преимущественно щелочными гранитами. Более детальную характеристику массивов и петрографических особенностей слагающих массивы пород можно найти в работах Е.А. Виноградовой [3, 4], К.И. Дворцовой [7] и С.В. Ефремовой [9, 10].

Щелочные граниты Алатагылского массива характеризуется редкометальной специализацией [4]. Повышенные содержания редких элементов отмечаются, также, в гранитах массивов Шунак, Кызылтау и Таятхан (г/т): Nb 24–234, Zr до 336, Be 3–4, Y до 38 и Ce до 80 [20]. Дайки щелочных граносиенитов и щелочных гранитов в Каракамысском массиве содержат максимальные количества этих элементов (г/т): Nb 30–40, Zr 1000–2000, Be 20–30, Y 300–2200 и Ce 300–700 [10].

В отношении возраста гранитов существует несколько точек зрения. С.В. Ефремова, согласно результатам геохронологических определений абсо-

лютного возраста K-Ar методом (240–280 млн. лет), относил их к позднему палеозою. Казахстанские геологи считали их позднедевонскими [1, 13].

Е.А. Виноградова сиениты, кварцевые сиениты, граносиениты и гастингсит-биотитовые граниты массивов Аксуекский, Кызылтасский, Конкурганский и Приозерский объединила в раннепермский трангылкский комплекс. Последовательность формирования ранних фаз комплекса и их состав очень сходны с таковыми каракунзского комплекса Заилийского ареала. Абсолютный возраст этих комплексов также является близким. Что касается более поздних граносиенитов и щелочных гранитов то, по мнению автора данной статьи, их правильное сопоставлять с талгаро-кескеленским комплексом Заилийского ареала.

К континентально-рифтогенному алатагылскому комплексу T_3 она отнесла щелочные граниты Алатагылского массива, порфировидные щелочные аляскиты Бетбулакских тел, а также массивы щелочных гранитов Шунакской группы (Восточно-Каракамысский, Кызылтауский, Шунакский, Таятханский и другие). Вероятно, к этому комплексу можно отнести Карасайскую интрузию щелочных гранитов и дайки граносиенитов и щелочных гранитов в Каракамысском массиве.

В схеме расчленения фанерозойского магматизма Е.А. Виноградовой алатагылский комплекс сопоставлен с талгаро-кескеленским комплексом Заилийского ареала, возраст которого она считает также поздне триасовым [4].

Сходство щелочных гранитов этих комплексов трудно отрицать, что подтверждается приведёнными ниже петрографическими и петрохимическими характеристиками щелочных гранитов Чу-Илийско-Западно-Балхашского и Заилийского ареалов (табл. 1, 2, рис. 2). Однако вывод о существовании большого временного интервала между сиенитовым и граносиенит-щелочно-гранитным комплексами представляется неверным, тем более что серьёзных доказательств этому не приводится. В пользу близкого позднепалеозойского возраста данных комплексов свидетельствуют тесная пространственная связь и данные радиологических исследований.

Участие щелочных гранитоидов в строении рудоносных вулканических сооружений

Щелочные гранитоиды распространены во многих рудоносных вулканических сооружениях Кендыктас-Чу-Или-Бетпакдалинской ураноносной провинции.

В центральной части Кендыктасских гор находится старейший урановорудный район Казахстана Курдайский с месторождениями Курдай, Колгуты и Кара-Кунуз. На его площади известно несколько массивов, сложенных сиенитами, граносиенитами и щелочными гранитами, в том числе Кара-Кунуз и Водораздельный.

Рудное поле Курдайского месторождения приурочено к экстрезивным и субвулканическим телам фельзит-порфиров, предположительно девонского возраста, расположенным в зоне одноименного разлома северо-западного простирания, пересекающего раннепалеозойский Курдайский массив гранитоидов [17]. В позднем палеозое в эту зону по субширотным нарушениям внедрились трещинные интрузии кварцевых диоритов карасуйского комплекса C_{2-3} , более молодые тела граносиенитов и дайки микрогаббро-диоритов и микродиоритов. Рудные тела Курдайского месторождения, представленные штокверками, контролируются зонами пересечения северо-западного разлома с субширотными нарушениями. Возникли они позже всех проявлений магматизма и являются позднепалеозойскими.

Другое старейшее урановорудное поле Курманшинское находится в пределах Чуйского поднятия [17]. Здесь известны Саройское U-P и Каратальское U-Mo месторождения. Месторождение Каратал, расположенное к северу от Курманшинского массива гранитов, приурочено к вулканотектонической структуре центрального типа. В строении этого сооружения принимают участие полого залегающие покровы кислых эффузивов D_{1-2} и прорывающие их экстрезивные и субвулканические тела двух фаз внедрения. К ранней экстрезивной фазе относятся игнимбриты, лавобрекчии и лавы комендитов, а к поздней субвулканической — тела щелочных гранит-порфиров.

Гидротермальная минерализация на площади сооружения развивалась не менее чем в три этапа.

Таблица 1

Петрографическая характеристика щелочных риолитов и гранитов Южного Казахстана¹

Текстура	Структура	Минеральный состав		Структура основной массы
		вкрапленники	основная масса	
Щелочные граниты талгаро-кескеленского комплекса Зайлийского ареала				
Массивная	Крупно-, средне-, реже мелкозернистая. Гипидиоморфнозернистая с участками микрографической	Микроклин-пертит решетчатого строения с альбитовыми вростками (44—65%) — субидиоморфные кристаллы размером до 4 мм и их гломеропорфировые сростки; кварц (20—30%) — идиоморфные, реже округлые зёрна размером до 0,3 мм и зёрна угловатой формы размером до 1 мм; альбит (1—8%) — удлиненные призмы между микроклина; гастингсит-арфведсонит-рибекит (0,5—5,8%) — зёрна неправильной формы, иногда игольчатые кристаллы; биотит, эгирин. Акцессории: магнетит, апатит, циркон, ильменит, сфен, ортит, торит, флюорит		
Комендиты и щелочные гранит-порфиры Чуйского ареала				
Массивная, флюидальная, сферолитовая	Порфировая (с содержанием вкрапленников до 40%)	Ортоклаз (более 50%) — кристаллы размером до 0,5—1 мм; плагиоклаз (олигоклаз и альбит) — таблитчатые и неправильной формы зёрна; кварц — округлые зёрна и идиоморфные кристаллы размером 0,5—1 мм; арфведсонит — единичные неправильные зёрна; эгирин — редкие игольчатые кристаллы	Мелкозернистый агрегат зёрен полевых шпатов, кварца, щелочного амфибола и иголок эгирина. Акцессории: магнетит, апатит, сфен, циркон, флюорит	Микропойкилитовая, псевдосферолитовая, гранулитовая, микрогранитовая, фельзитовая
Аалатагылский комплекс Чу-Илийско-Западно-Балхашского ареала				
Щелочные граниты Алатагылского массива				
Массивная	Крупно-, среднезернистая, иногда пегматоидная. Гипидиоморфнозернистая, пойкилитовая	Микроклин-пертит с альбитовыми вростками (60—70%) — идиоморфные таблитчатые кристаллы размером до 0,5 см; кварц (25%) — идиоморфные зёрна размером до 1 мм; темноцветные (до 5%) — светло-зеленый эгирин, биотит, редкие зёрна диопсида, щелочной амфибол. Акцессории не изучены.		
Дайки щелочных гранитов и щелочных гранит-порфиров в массиве Каракамыс				
Массивная, в гранит-порфирах — флюидальная	Порфировидная, неравномернозернистая, в гранит-порфирах — порфировая (с содержанием вкрапленников от 5 до 40%)	К-Na полевой шпат — таблитчатые кристаллы размером до 0,5—1,2 см; альбит-олигоклаз — редкие идиоморфные кристаллы, обросшие калиевым полевым шпатом; кварц — изометрические зёрна размером до 1 мм; рибекит — кристаллы размером до 1 мм; эгирин — редкие игольчатые кристаллы	Кварц-полевошпатовый агрегат с зёрнами щелочного амфибола и иголками эгирина; Акцессории: магнетит, апатит, сфен, циркон, флюорит	Паналлотриоморфная, микрографическая, микропегматитовая, в гранит-порфирах часто микрогранитовая, псевдосферолитовая, фельзитовая
Щелочные граниты Шунакской группы массивов				
Массивная	Крупно-, средне-, гипидиоморфнозернистая с участками микрографической	Микроклин-пертит (47—62%) — скопления нескольких зёрен; альбит-олигоклаз (1—13%) — редкие обособленные таблитчатые зёрна; кварц (34—40%) — изометрические зёрна; гастингсит-арфведсонит-рибекит (0,3—7%), биотит, эгирин. Акцессории: магнетит, рутил, анатаз, циркон, торит, ортит, апатит, сфен, флюорит		

¹Составлено по данным [4, 5, 12, 15, 18].

Таблица 2

Средние содержания петрогенных оксидов (мас.%, приведено к 100% сухого вещества)
в комендитах и щелочных гранитах Южного Казахстана¹

Компоненты (%)												Число проб
SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	(Na+K)/Al	Fe _{общ.} (FeO+Fe ₂ O ₃)	
Щелочные граниты Заилийского ареала												
74,0	0,3	12,6	1,4	1,2	0,1	0,8	0,5	4,6	4	1,01	2,54	8
Калишпатизированные комендиты и щелочные гранит-порфиры Чуйского ареала												
76,5	0,1	11,8	1,3	0,6	н/о	0,5	0,4	0,8	7	1,02	1,72	13
Щелочные граниты Чу-Илийско-Западно-Балхашского ареала												
Массив Алатагыл												
76,3	0,1	11,8	2	н/о	н/о	0,2	0,5	4,4	4,5	1,02	1,8	2
Дайка в Каракамысском массиве												
74,0	0,2	9	4,7	н/о	н/о	сл.	1,4	3,8	5	1,32	4,23	1
Массивы Шунакской группы												
76,0	0,1	11,7	0,9	1,4	н/о	0,5	0,2	4,3	4,2	1,07	2,21	28

¹Химические анализы заимствованы из работ Е.А. Виноградовой [4], Р.Д. Гаврилина и др. [5], С.В. Ефремовой [9, 10], С.Я. Шувалова [18], Н.Я. Яценко и др. [20].

В ранний этап возникли зоны вторичных кварцитов, распространенные среди вулканитов девона к северу от Курманшитинского массива. Галька окварцованных эффузивов встречается в конгломератах D³fr.

Экструзивно-субвулканические тела комендитов и щелочных гранит-порфиров подверглись калиевошпатизации, альбитизации и Fe-Mg метасоматозу, видимо, возникшими в самостоятельный этап минерализации. В калишпатизированных породах анортотоклаз замещает вкрапленники ортоклаза и

кислого плагиоклаза, а также развивается в основной массе. Альбитизация проявилась локально в виде зон развития шахматного альбита по первичному олигоклазу и ортоклазу. Иногда наблюдается альбитизация вмещающих пород в экзоконтакте субвулканических тел. Fe-Mg метасоматоз развит широко, особенно в верхних частях субвулканических тел и в их экзоконтакте. Он выражен в виде зон развития гематита, магнетита и высокожелезистого биотита, пересекающими калиево-шпатизированные и альбитизированные породы. В метасоматитах

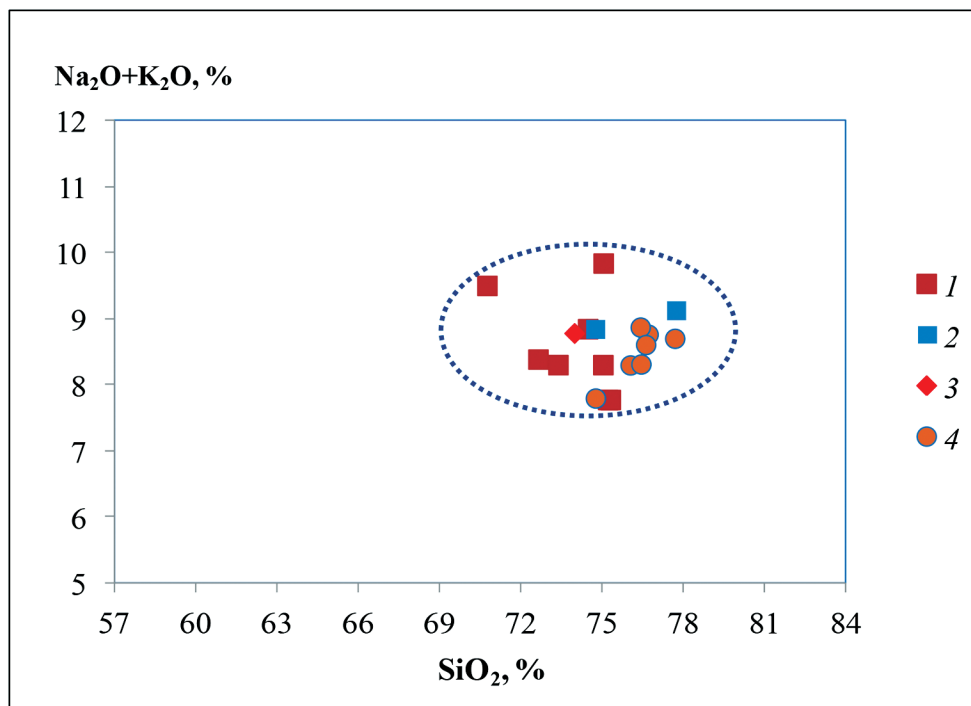


Рис. 2. TAS-диаграмма сумма щелочей — кремнезём для щелочных гранитов Южного Казахстана: 1 — граниты Заилийского ареала; 2–4 — граниты Чу-Илийско-Западно-Балхашского ареала: 2 — граниты Алатагылского массива, 3 — дайка мелкозернистого гранита в Каракамысском массиве, 4 — граниты Шунакской группы массивов, контуром обозначено поле составов щелочных гранитов Гоби-Тяньшанской ветви позднепалеозойской континентально-рифтогенной системы Центральной Азии (Монголия)

отмечаются повышенные концентрации Zr, Nb, Th, U и TR [18]. Подобный набор гидротермально изменённых пород типичен для формации высоко-температурных редкометалльных альбититов, связанных с интрузиями щелочных гранитов.

К позднему этапу, проявившемуся после внедрения наиболее молодых даек основного состава, относится возникновение березитов и U-Мо оруденения.

Похожая трёхэтапная минерализация была изучена нами в Северо-Западном Чингизе на урановых рудопроявлениях, приуроченных к девонским вулканическим сооружениям (Алкамергенскому, Улькентузскому, Достарскому и др.). В девонский (ранний) этап здесь возникли поля вторичных кварцитов. С породами комендит-щелочно-гранитного комплекса позднего палеозоя ассоциируют редкометалльные метасоматиты среднего этапа, представленные калиево-шпатизированными породами, участками альбитизации и зонами своеобразных магнетит-гематит-флогопитовых метасоматитов, характеризующихся высокими концентрациями U, Th, Zr, Nb, Be и TR. Зоны метасоматитов пересекаются кварцево-флюоритовыми прожилками. К позднему этапу относятся кварцево-альбитовые метасоматиты и березиты с рудопроявлениями U-P и U-Мо формаций, возникшие после внедрения даек основного состава регионального распространения. Посткаменноугольный возраст экструзивных и субвулканических тел комендитов в Улькентузском и Достарском вулканических сооружениях Северо-Западного Чингиза доказывается прорыванием ими осадочных отложений D₂₋₃ и D₃-C₁. Они признаны комагматичными позднепалеозойским щелочным гранитам соответствующих соседних массивов (Тлеумбетскому и Куйректыкольскому) [14].

Девонский возраст щелочных пород Чуйского ареала достоверно не установлен, возможно, их возраст также является позднепалеозойским.

В Чу-Илийских горах щелочные гранитоиды встречаются как в Ботабурумском рудном поле, так и в пределах Кызылсайского рудного узла, урановое оруденение которых считается позднедевонским—раннекаменноугольным.

В рудном поле Ботабурумского месторождения, находящегося в экзоконтатовой зоне Жосандалинского массива и приуроченного к вулканической постройке, сложенной покровами, экструзивными и субвулканическими телами кислого состава D₁₋₂, известны тела граносиенитов, а также дайки наиболее молодых микрогаббродиоритов и микродиоритов [17]. Граносиениты могут быть связаны с расположенным по соседству Аксуекским щелочным массивом, однако этот вопрос остается неизученным.

Кызылсайский рудный узел приурочен к крупному Карасайскому вулканическому сооружению

центрального типа, расположенному среди вулкано-осадочных отложений коктаасской ситы D₁₋₂ рядом с юго-восточным окончанием Жельтауского массива [7, 17]. Сооружение сложено эффузивами карасайской свиты D₂₋₃, осложнено кальдерой, имеющей округлую форму с диаметром около 15 км и кольцевыми разломами. Центральная часть его прорвана крупным изометричным штоком субвулканических кварцевых порфиров. К одному из кольцевых разломов в северном обрамлении кальдеры приурочен массив рибекитовых гранитов (Карасайский), имеющий вытянутую дугообразную форму, параллельную контурам кальдеры. Протяженность интрузива достигает 10 км, а ширина 300 м. Возраст его считается позднедевонским [7], однако принадлежность к алатагылскому комплексу более вероятна.

Вулканическое сооружение является рудоносным, в участках пересечения кольцевых разломов с нарушениями северо-западного простирания расположен ряд месторождений U-Мо формации. Геологическое строение месторождений сложное. Чаще всего рудные штокверки, сопровождаемые зонами березитов, локализуются в девонских породах жерловой и субвулканической фации, реже приурочены к покровам. Одна группа месторождений (Кияхтинское, Участок II) и рудопроявлений расположена в непосредственной близости от массива рибекитовых гранитов. Гидротермальная минерализация, связанная с самим массивом, не изучена, но для первичных геохимических ореолов этой площади характерны аномальные значения Zr, Nb, Be и TR [7, 17], типичные для метасоматитов, ассоциирующих со щелочными гранитами. В рибекитовых гранитах распространены маломощные зоны березитов с урановой минерализацией и радиоактивными аномалиями. Местные геологи показывали их автору настоящей статьи во время посещения месторождения Кызылсай в 70-х гг. прошлого века.

Другая группа месторождений (Тыркинское, Джерри, Алатагыл, Жамантас, Участок VI, Участок VII, Участок VIII, Участок XI,) находится рядом с Алатагылским массивом щелочных гранитов, однако возрастные соотношения уранового оруденения с ним не выяснены.

Выводы

1. В последние годы была подтверждена полихронность гранитных массивов Кендыктас-Чу-Или-Бетпакадалинской урановорудной провинции и выделено более 20 магматических комплексов позднепалеозойского и мезозойского возрастов, слагающих в сумме большую часть выходов гранитных массивов, считавшихся ранее каледонскими.

2. Выделенные Е.А. Виноградовой транггыльский и алатагылский комплексы сопоставимы со-

ответственно с позднепалеозойскими каракунзским и талгаро-кескеленским комплексами Северного Тянь-Шаня, которые вместе с породами трахибазальт-комендитовой формации Южно-Кетменского ареала связываются с развитием Гоби-Тяньшанской ветви позднепалеозойской континентально-рифтогенной системы Центральной Азии.

3. Особый интерес представляет алатагыльский граносиенит-щелочногранитный комплекс, породы которого участвуют в строении ряда рудоносных девонских вулканических сооружений (Курдайский, Кызылсайский и, возможно, Ботабурумский урановорудные узлы). В Курманшитинском рудоносном вулканическом сооружении Чуйского поднятия распространены экструзивно-субвулканические тела комендитов и щелочных гранит-порфиров, которые могут оказаться комагматичными щелочным гранитам талгаро-кескеленского (алатагыльского) комплекса. Трехэтапная минерализация этого сооружения (вторичные кварциты раннего девонского этапа, редкометалльные метасоматиты среднего и березиты с U-Мо рудами по-

зднего этапов) сходна с минерализацией вулканических построек Северо-Западного Чингиза, экструзивно-субвулканические тела комендитов в которых являются позднепалеозойскими.

4. В настоящее время невозможно сделать окончательные выводы о возрасте щелочных пород и уранового оруденения. Необходимы дополнительные исследования в этом районе, направленные на определение возраста граносиенитов, щелочных гранитов и их вулканогенных аналогов, изучение связанной с ними минерализации, соотношений с дайками и урановым оруденением. Результаты этих исследований могут привести к пересмотру возраста известных месторождений. Если такой пересмотр произойдет и будет доказана связь щелочных гранитоидов и урановых месторождений с Гоби-Тяньшанской ветвью позднепалеозойской континентально-рифтогенной системы Центральной Азии, то можно будет скорректировать представления о генезисе оруденения, уточнить его поисковые критерии и определить направление дальнейших поисковых работ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бекжанов М.Г. Петрология и рудоносность щелочных гранитов Казахстана. Автореф. дис...канд. геол.-мин. наук. Алма-Ата, 1996. 30 с.
2. Виноградова Е.А., Кашин С.В. О радиологическом возрасте гранитоидов // Горно-геологический журнал. (Республика Казахстан). 2006. № 1. С. 22–25.
3. Виноградова Е.А. Гранитоиды северной части Шу-Илийских гор и Юго-Западного Прибалхашья // Горно-геологический журнал. (Республика Казахстан). 2008. №3–4. С. 36–52.
4. Виноградова Е.А. Фанерозойский интрузивный магматизм Центрального Казахстана и Бетпак-Дала-Шу-Илийского региона. (Республика Казахстан) // Горно-геологический журнал. (Республика Казахстан). 2009. № 3–4. С. 8–25.
5. Гаврилин Р.Д., Злобин Б.И., Леонова Л.Л. и др. Геохимия варисских комплексов Северного Тянь-Шаня. М.: Наука, 1966. 248 с.
6. Геология СССР. Т. XL. Южный Казахстан / Под ред. Ш.Е. Есенова. М.: Недра, 1971. С. 202–220.
7. Дворцова К.И. О девонском интрузивно-вулканическом комплексе в Чу-Илийских горах // Докл. АН СССР. 1963. Т. 148. № 1. С. 166–170.
8. Добрецов Г.Л. Варисийский гранитоидный магматизм Казахстана (геология, формации, генетические модели) // Труды ВСЕГЕИ. Новая серия. Т. 284. Л.: Недра, 1985. 252 с.
9. Ефремова С.В. Об интрузивах щелочных (рибекитовых) гранитов Бет-Пак-Далы (Центральный Казахстан) // Известия АН СССР. Серия геол. 1962. №10. С. 33–45.
10. Ефремова С.В. Дайки в гранитоидных комплексах Центрального Казахстана. М.: Наука, 1970. 238 с.
11. Коптев-Дворников В.С., Полквой О.С., Дистанова А.М. и др. Палеозойские интрузивные комплексы Бетпакдала // Труды ИГЕМ АН СССР. 1962. Т. 2. Вып. 54. 296 с.
12. Коптев-Дворников В.С., Полквой О.С., Маркова Н.Г. и др. Палеозойские интрузивные комплексы Бетпакдала // Труды ИГЕМ АН СССР. 1960. Т. 1. Вып. 44. 240 с.
13. Магматические комплексы Казахстана. Джунгаро-Балхашская складчатая система / Под ред. А.А. Абдулина. Алма-Ата: Наука, 1983. С. 36–40.
14. Малютин С.А. Позднепалеозойские вулканоплутонические ассоциации северо-запада Чингиз-Тарбагатайского мегаантиклинария и оруденение // Известия высших учебных заведений. Геология и разведка. 2013. № 6. С. 13–24.
15. Монич В.К., Старов В.И. и др. Интрузивные комплексы Северного Тянь-Шаня // Труды 1-го Казахстанского петрографического совещания. ИГН АН Каз. ССР. Алма-Ата: Наука, 1968. Т. 1. С. 160–165.
16. Петров Н.Н., Берикболов Б.П., Аубакиров Х.Б. и др. Урановые месторождения Казахстана (экзогенные). Алматы: АО «Волковгеология», 2008. 320 с.
17. Справочник месторождений Казахстана. 2017. [Электронный ресурс] <http://info.geology.gov.kz/ru/informatsiya/spravochnik-mestorozhdenij-kazakhstana/tverdye-poleznye-iskopaemye>. Дата обращения 15.01.2018.
18. Шувалов С.Я. Эйфельские субвулканические и субинтрузивные образования Бетпак-Далы // Мат. по геологии и полезным ископаемым Южного Казахстана. Алма-Ата: Наука, 1971. Вып. 4 (29). С. 176–184.
19. Ярмолук В.В. Позднепалеозойский вулканизм континентальных рифтогенных структур Центральной Азии. М.: Наука, 1983. 298 с.
20. Яценко Н.Я., Серых В.И. Геохимические и металлогенические особенности интрузивного магматизма постгерцинских зон активизации Центрального Казахстана // Закономерности размещения полезных ископаемых. Т. XI. М.: Наука, 1975. С. 251–260.

REFERENCES

1. Bekzhanov M.G. *Petrology and ore content of alkaline granites of Kazakhstan*. Abstract of dis...cand. geol.-min. sciences. Alma-Ata. 1996. 30 p. (In Russ.)
2. Vinogradova E.A., Kashin S.V. About radiological age of granitoids. (*Gorno-geologicheskij jurnal*)—[*Mining magazine*]. 2006, no. 1, pp. 22–25. (Republic of Kazakhstan). (In Russ.)
3. Vinogradova E.A. Granitoids of the Northern part of the Shu-Ili mountains and the southwestern Balkhash. (*Gorno-geologicheskij jurnal*)—[*Mining magazine*]. 2008, no. 3–4, pp. 36–52. (Republic of Kazakhstan). (In Russ.)
4. Vinogradova E.A. Phanerozoic intrusive magmatism of the Central Kazakhstan and Betpak-Dala-Shu-Ili region (Republic of Kazakhstan). (*Gorno-geologicheskij jurnal*)—[*Mining magazine*]. 2009, no. 3–4, pp. 8–25. (Republic of Kazakhstan). (In Russ.)
5. Gavrilin R.D., Zlobin B.I., Leonova L.L., Pevzova L.A., Agafonnikov L.S., Classova N.S. *Geochemistry of Variscan complexes of the Northern Tien Shan*. M., Nauka Publ. 1966, 248 p. (In Russ.)
6. Geology of the USSR. V. XL. *Southern Kazakhstan*. Under the editorship of S.E. Esenov. M., Nedra Publ, 1971, pp. 202–220. (In Russ.)

7. Dvortsova K.I. About Devonian intrusive-volcanic complex in the Chu-Ili mountains. (*Doklady AN SSSR*)—[*Reports of the Academy of Sciences USSR*]. 1963. Vol. 148, no.1, pp. 166–170. (In Russ.)
8. Dobretsov G.L. *Variscan granitoid magmatism in Kazakhstan (the Geology, formation, genetic model)*. Proceedings of A.P. Karpinsky Russian geological research institute. New series. V. 284, L., Nedra Publ. 1985, 252 p. (In Russ.)
9. Efremova S.V. About the alkaline intrusions (riebeckite) granites of the Bet-Pak-Dala (Central Kazakhstan). (*Izvestiya AN SSSR*) [News of the URSS Academy of Sciences]. A series of geological. 1962, no.10, pp. 33–45. (In Russ.)
10. Efremova S.V. *Dikes in granitoid complexes of Central Kazakhstan*. M., Nauka Publ, 1970, 238 p. (In Russ.)
11. Koptev-Dvornikov V.S., Polkvoy O.S., Distanova A.M., Dmitriev L.V., Efremova S.V., Kozlov A.V., Pavlov V.A., Plamenevskaya N.L., Negrey E.V. Paleozoic Intrusive complexes Betpakdala. *Proceedings of IGEM of the USSR Academy of Sciences*, 1962, vol.2, 54. 296 p. (In Russ.)
12. Koptev-Dvornikov V.S., Polkvoy O.S., Markova N.G., Dmitriev L.V., Efremova S.V., Ejov A.I., Jukov M.A., Kozlov A.V. Paleozoic Intrusive complexes Betpakdala. *Proceedings of IGEM of the USSR Academy of Sciences*. 1960, vol. 1, 44, 296 p. (In Russ.)
13. *Magmatic complexes of Kazakhstan. Dzhungaro-Balkhash folded system*. Under the editorship of A. A. Abdulin. Alma-Ata.: Nauka Publ, 1983, 215 p. (In Russ.)
14. Malyutin S.A. Late Paleozoic volcanic-plutonic association of North-West Chingiz-Tarbagatay meganticlinorium and mineralization. (*Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy*)—[*News of higher educational establishments. Geology and exploration*]. 2013, no. 6, pp. 13–24. (In Russ.)
15. Monich V.K., Starov V.I., Ivanov A.I., Gogel G.N., Kulikovskiy K.T., Sevastyanov V.G. Intrusive complexes of the Northern Tien Shan. Proceedings of the 1-st Kazakhstan petrographic meeting. [*IGS of the Kaz.SSR Academy of Sciences*]. 1968, vol. 1, pp. 160–165. (In Russ.)
16. Petrov N.N., Berikbolov B.R., Aubakirov H.B., Vershkov A.F., Lukhtin V.F., Plekhanov V.N., Chernyakov V.M., Yazikov V.G. *Uranium deposits of Kazakhstan (exogenous)*. Almaty.: JSC «Volkovgeologiya», 2008, 320 p.
17. Directory of deposits of Kazakhstan. 2014. (In Russ.) Available at: <http://info.geology.gov.kz/ru/informatsiya/spravochnik-mestorozhdenij-kazahstana/tverdye-poleznye-iskopaemye>. (Accessed 15.01.2018).
18. Shuvalov S.J. *Eifelian subvolcanic and subintrusive formations Betpak-Dala*. Materials on Geology and mineral resources of southern Kazakhstan. Alma-Ata.: Nauka Publ, 1971, vol. 4 (29), pp. 176–184. (In Russ.)
19. Yarmolyuk V.V. *Late Paleozoic volcanism of continental-rift structures of Central Asia*. M.: Nauka Publ, 1983, 298 p. (In Russ.)
20. Yaschenko N.I., Seryh V.I. *Geochemical and metallogenic features of Intrusive magmatism posthercynian zones of activation of the Central Kazakhstan*. Regularities of location of mineral resources. Vol. XI, M., Nauka Publ, 1975, pp. 251–260. (In Russ.)

УДК 550.8

РЕЗУЛЬТАТЫ ГЕОЛОГО-СЪЁМОЧНЫХ РАБОТ НА ВОСТОЧНОМ БОРТУ ЮЖНОЙ ЧАСТИ ПРЕДУРАЛЬСКОГО ПРОГИБА

А.В. ОСИПОВ¹, А.В. БОНДАРЕВ¹, Р.Н. МУСТАЕВ^{1,2},
А.С. МОНАКОВА¹, М.В. ЗАХАРЧЕНКО¹, Л.И. МИНЛИТАЛИЕВА¹

¹Российский государственный университет нефти и газа
(национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина
65, Ленинский просп., г. Москва 119991, Россия
email: liana_abril@mail.ru

²ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе»
23, Миклухо-Маклая ул., г. Москва 117997, Россия
email: r.mustaev@mail.ru

Представлены результаты полевых работ, проведённых авторами в сентябре 2017 г. в районе восточного борта южной части Предуральского прогиба. Показано, что изучаемый объект обладает значительными перспективами нефтегазоносности, это подтверждается рядом отмеченных признаков и предпосылок (нефтепроявления, наличие запаха нефти). Приведены результаты исследований 21 образца разновозрастных палеозойских пород, отобранных в ходе полевых работ, экспресс-методом Rock-Eval. На таком аналитическом уровне впервые для данного региона изучены силурийские отложения (сакмарская свита лландоверийского яруса). По результатам пиролитических исследований доказано, что породы этого возраста в пределах южной части Предуральского прогиба являются нефтегазоматеринскими и характеризуются богатым генерационным потенциалом.

Ключевые слова: газ; кероген; нефтематеринские породы; нефть; передовые складки Урала; Предуральский краевой прогиб; поиски; потенциал; трещины; углеводороды.

RESULTS OF GEOLOGICAL SURVEY IN THE EASTERN SIDE OF THE SOUTHERN PART OF THE PRE-URALS FOREDEEP

*A.V. OSIPOV¹, A.V. BONDAREV¹, R.N. MUSTAEV^{1,2},
A.S. MONAKOVA¹, M.V. ZAKHARCHENKO¹, L.I. MINLIGALIEVA¹*

*¹Gubkin Russian State University of Oil and Gas (National Research University)
65, Building 1, Leninsky prosp., Moscow 119991, Russia
email: liana_abril@mail.ru*

*²Russian State Geological Prospecting University,
23, Miklouho-Maklay's street, Moscow 117997, Russia,
email: r.mustaev@mail.ru*

The results of field work carried out by the authors in september 2017, in the region of the eastern side of the southern part of the Pre-Urals foredeep, have been presented. It has been shown that the studied object has significant prospects of oil and gas potential, which has been confirmed by a number of marked signs and assumptions (oil manifestations, presence of a smell of oil). The results of studies of 21 samples of Paleozoic rocks of different ages, selected during the field work, by the Rock-Eval express method have been presented. At such analytical level, for the first time in the region, the Silurian deposits (Sakmar Formation of the Llandovery Stage) have been studied. According to the results of pyrolytic studies it has been proved that the rocks of this age within the southern part of the Pre-Urals trough are oil and gas source rocks and are characterized by a rich generation potential.

Keywords: gas; kerogen; oil source rocks; oil; the frontal folds of the Urals; Pre-Ural marginal trough; survey; potential; cracks; hydrocarbons.

В сентябре 2017 г. авторами проведены полевые работы в районе восточного борта южной части Предуральского прогиба, целью которых являлось изучение строения зоны передовых складок Урала, выявление признаков и предпосылок ее нефтегазности, а также отбор образцов потенциально нефтегазоматеринских пород для проведения лабораторных аналитических исследований.

В административном отношении работы были приурочены к территориям Республики Башкортостан и Оренбургской области. Полевые работы и исследования осуществлялись в ходе однодневных маршрутов. Всего за период полевых работ экспедиционной группой было пройдено шесть маршрутов, описана 41 точка наблюдения (рис. 1) и отобрано 34 образца горных пород и один образец нефти.

Для 21 образца, взятого из потенциально нефтегазоматеринских пород палеозойского возраста, проведён пиролитический анализ на установке «Rock-Eval 6». Все образцы отобраны из коренного залегания с глубины 10–20 см от поверхности, преимущественно из обнажений, появившихся искусственным путем сравнительно недавно: действующие карьеры; выходы пород, образовавшиеся в результате прокладки новых автомобильных дорог, и др. Это позволило получить для анализов образцы пород, органическое вещество которых подвержено относительно меньшему воздействию гипергенных процессов.

Результаты работ и их обсуждение

Изучаемый объект — зона передовых складок Урала (Западноуральская зона линейных складок) — расположен на границе двух крупных надпорядко-

вых структур с контрастным тектоническим строением — Восточно-Европейской платформы и Уральской складчатой области — и представляет собой совокупность узких вытянутых на несколько десятков километров линейных сопряженных антиклинальных и синклинальных складчатых структур (рис. 2, 3). В северной части района структуры имеют субмеридиональное простирание, в южном направлении простирание структур юго-западное. Крылья этих крупных складок осложнены многочисленными мелкими, преимущественно изоклинальными складками, которые наблюдались в обнажениях (рис. 4).

Общие представления о морфологии и генезисе передовых складок Урала у геологов, изучавших эти структуры, различны. Ряд исследователей связывают формирование рассматриваемой зоны с горизонтальными силами сжатия, направленными со стороны Палеоуральского орогена и обусловленными позднепалеозойским коллизийным геотектоническим режимом [2]. В связи с этим здесь получили развитие надвиги и взбросо-надвиги западной вергентности, а также парагенетически связанные с ними системы сопряженных антиклинальных и синклинальных складок разного масштаба (размера). Другими исследователями [9, 10] отмечается, что в формировании структур зоны Передовых складок Урала важнейшими факторами были, скорее всего, процессы растяжения, ввиду чего формировались так называемые (по И.В. Мушкетову) флексурные грабены [9]. В этой связи отмечается, что происхождение широких плоских синклиналей и разделяющих их узких гребневидных антиклиналей, развитых в исследуемой зоне, не объясняется боковым направленным давлением.

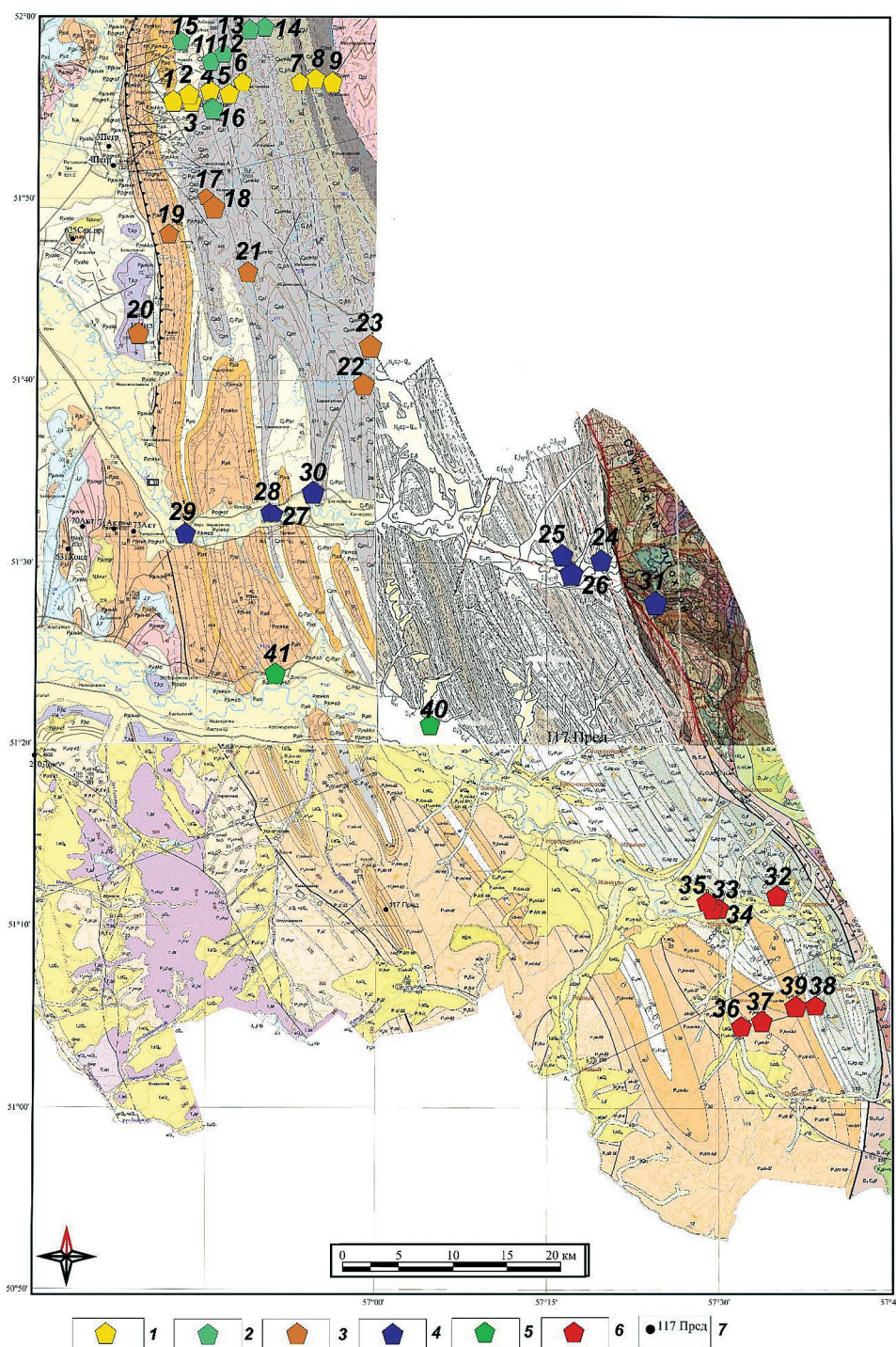


Рис. 1. Обзорная карта района работ с местоположением точек наблюдений: 1–6 — точки наблюдений: 1 — 18.09.2017; 2 — 19.09.2017; 3 — 20.09.2017; 4 — 21.09.2017; 5 — 22.09.2017; 6 — 23.09.2017; 7 — номера скважин; в качестве основы использована репродукция фрагментов карт [1, 6]

В пользу этого взгляда, как подчеркивают его сторонники [9], говорит и отсутствие чётких закономерностей в запрокидывании слоёв в западном направлении. Кроме того, в результате геологического картирования, отмечены многочисленные примеры симметричных структур и даже структур, запрокинутых на восток.

Несмотря на различие во взглядах на причины, которые привели к формированию исследуемых

дислокаций, определенно следует заключить, что здесь имеются структурные формы, с которыми могут быть связаны ловушки углеводородов (рис. 5) [3].

В геологическом строении зоны передовых складок Урала участвуют ордовикские, силурийские, девонские, каменноугольные и нижнепермские стратифицированные образования. При движении с востока на запад, вкострости геологических границ, в ходе маршрутов последова-

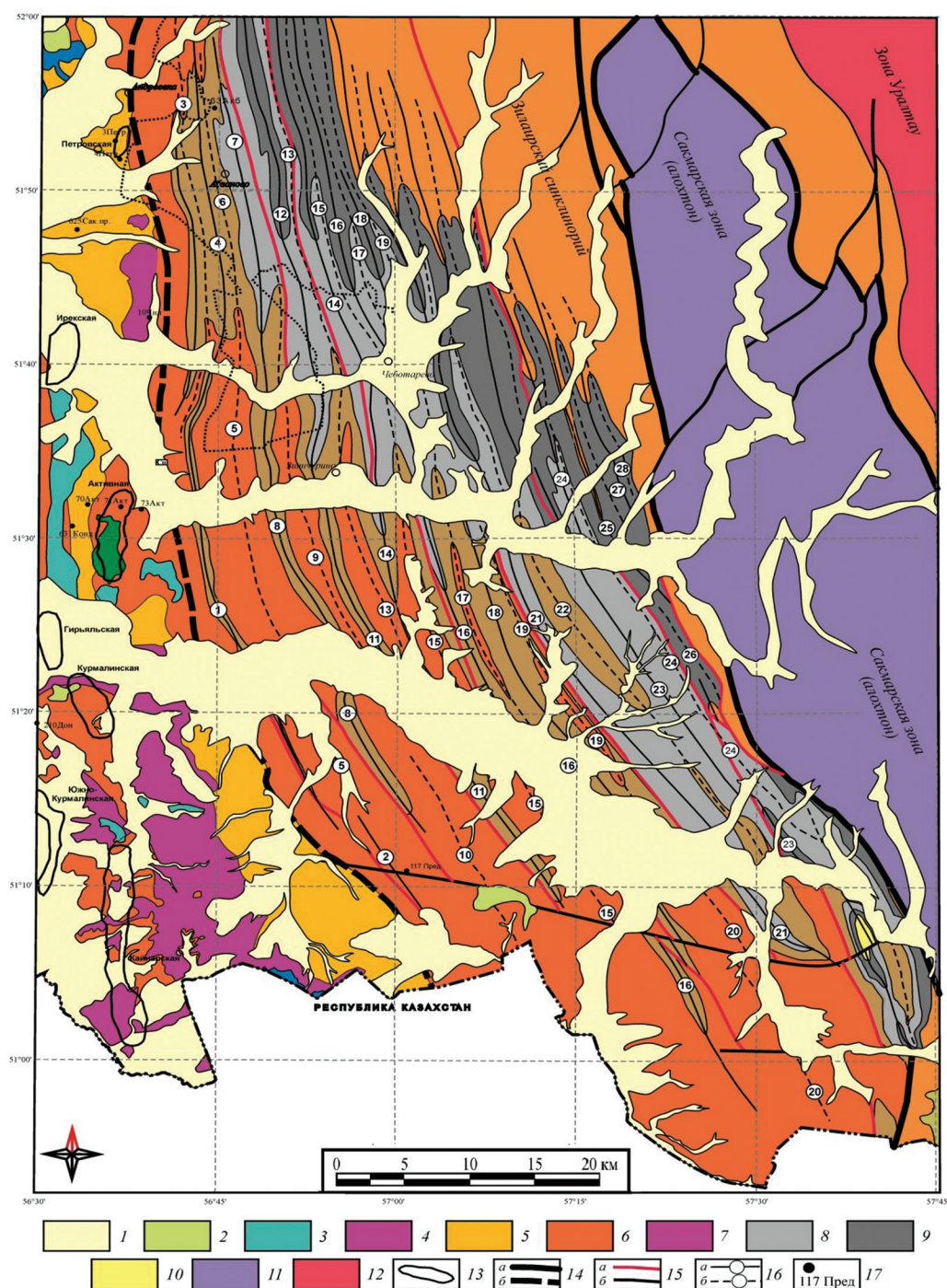


Рис. 2. Схема геологического строения зоны передовых складок Урала и сопредельных структурных зон (по [5]): передовые складки Урала (цифры в кружках): 1 – Курмаинская антиклиналь, 2 – Актакальская (Антакольская) антиклиналь, 3 – Чумазинская синклиналь, 4 – Белгушинская антиклиналь, 5 – Нарымбетская синклиналь, 6 – Абзановская синклиналь, 7 – Сапловская антиклиналь, 8 – Новоивановская (Дубенская) антиклиналь, 9 – Бужанская синклиналь, 10 – Курашинская синклиналь, 11 – Новоуральская антиклиналь, 12 – Юлдашевская антиклиналь, 13 – Мухамедьяровская синклиналь, 14 – Новомихайловская антиклиналь, 15 – Никольская синклиналь, 16 – Чилийская (Азан-Ташская) антиклиналь, 17 – Канчеровская синклиналь, 18 – Бурангуловская антиклиналь, 19 – Ильинская синклиналь, 20 – Кимперсайско-Алимбетовская синклиналь, 21 – Куруильско-Алимбетовская антиклиналь, 22 – Адаевская синклиналь, 23 – Тлягуловская антиклиналь, 24 – Новосамарская синклиналь, 25 – Кашукская антиклиналь, 26–28 – Безымянные складки; 1 – плиоцен-четвертичные, преимущественно аллювиальные отложения; 2 – миоцен-меловые отложения; 3 – юрские отложения; 4 – триасовые отложения; 5 – послекунгурские пермские отложения, объединённые (континентальная моласса); 6 – кунгурско-сакмарские отложения, объединённые; 7 – ассельско-верхнекаменноугольные отложения, объединённые; 8 – среднекаменноугольные отложения, объединённые; 9 – серпуховско-визейские отложения, объединённые; 10 – турнейско-фаменские отложения (зайларская серия, граувакковый флиш); 11 – нижне-среднепалеозойские вулканогенные, вулканогенно-осадочные и осадочные образования, а также офиолиты, объединённые (Сакмарская зона); 12 – позднемезозойские(?) и ранне-среднепалеозойские неравномерно метаморфизованные осадочные и вулканогенно-осадочные образования максютовского и суванянского комплексов, объединённые (зона Уралтау); 13 – локальные нефтегазогеологические структуры в подсололевых отложениях; 14 – крупные разломы: а – надвиг в основании Сакмарского аллохтона, б – Сюреньский надвиг; 15 – прочие разломы: а – взбросо-надвиги западной вергентности, оперяющие Сюреньский надвиг, б – крутые разломы – сбросы, взбросы и сдвиги, объединённые; 16 – оси (проекция шарниров на горизонтальную плоскость) отдельных складчатых форм зоны Передовых складок Урала: а – антиклиналей, б – синклиналей; 17 – скважины

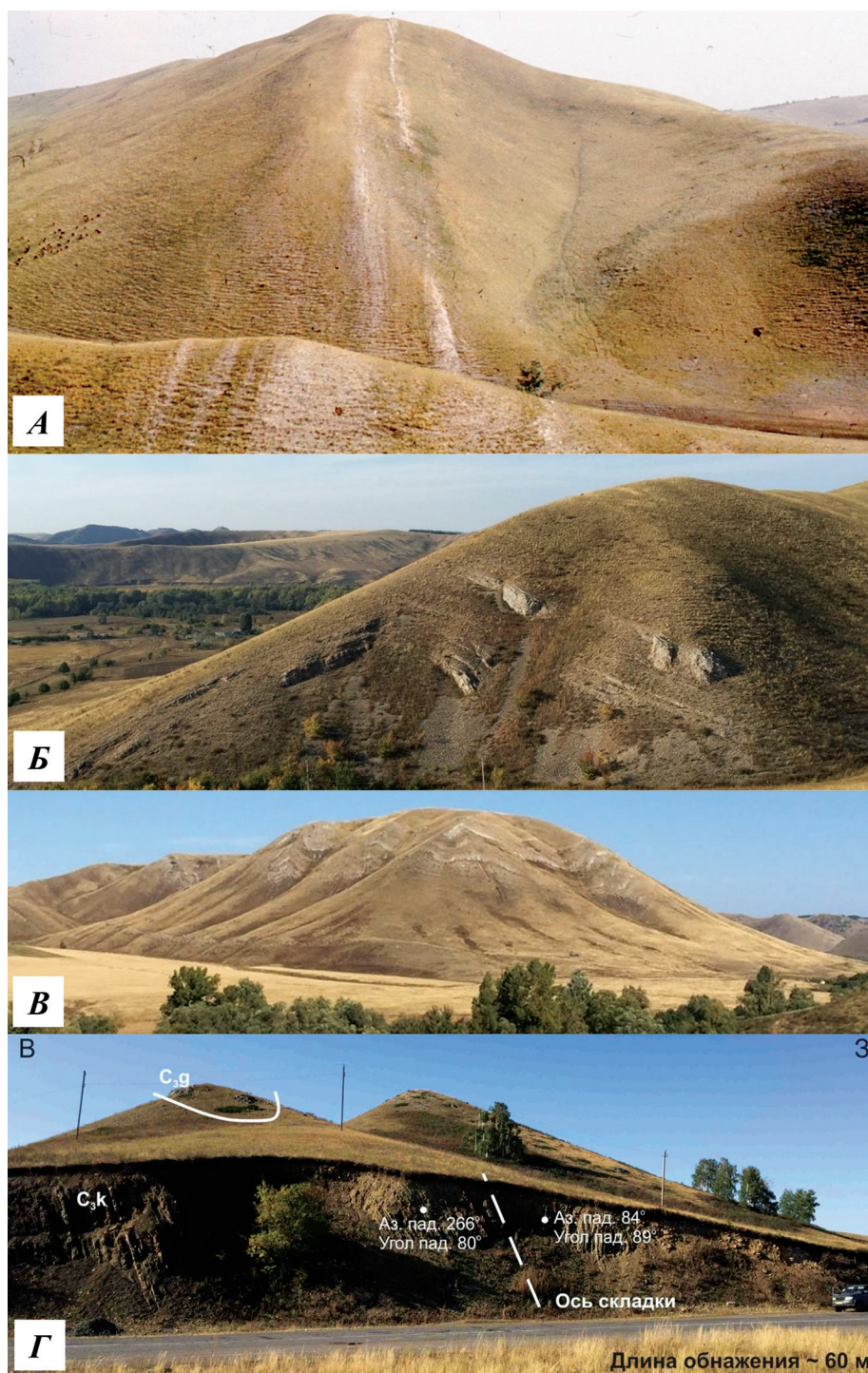
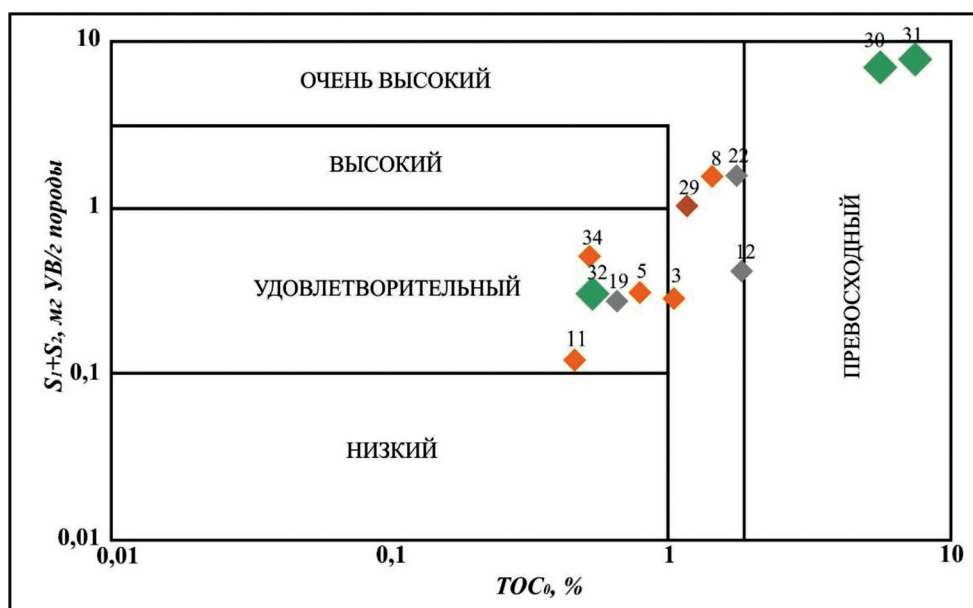


Рис. 3. Передовые складки Урала: *А* — Новоивановская антиклиналь (правый склон долины р. Сакмара, к западу от с. Новоиваново [8]); *Б* — Богдановская антиклиналь (близ с. Богдановка (т. н. 16)), *В* — Чумазинская синклираль (гора Кружевная, по дороге с. Башкирская Чумаза — с. Андреевка), *Г* — Акбердинская синклираль (в районе д. Верхний Муйнак (т. н. 17)); *Б–Г* — фото *А.В. Осипова*

тельно наблюдались все более молодые породы. Наиболее древние отложения, встреченные авторами в коренных обнажениях, — породы кремнисто-глинистого состава сакмарской свиты, относимой [6] к верхам лландоверийского — пржидольскому ярусам нижнего—верхнего силура. Девонские отложения представлены зилаирской (аргиллиты с прослоями песчаников) и ямашлинской (известня-

ки с прослоями аргиллитов) свитами фаменского яруса. Нижнекаменноугольные отложения относятся к турнейскому (переслаивание песчанистых известняков и аргиллитов куруильской свиты), визейскому (ритмичное преслаивание песчаников, алевролитов, аргиллитов и известняков — иткуловская свита) и серпуховскому (известняки бухарчинской свиты) ярусам. В составе среднекаменно-



◆ 1 ◆ 2 ◆ 3 ◆ 4 ◆ 5

Рис. 4. Диаграмма соотношения полного генерационного потенциала (S_1+S_2) и общего органического углерода ТОС: 1 – образцы пермского возраста; 2 – образцы каменноугольного возраста; 3 – образцы девонского возраста; 4 – образцы силурийского возраста; 5 – номер образца породы

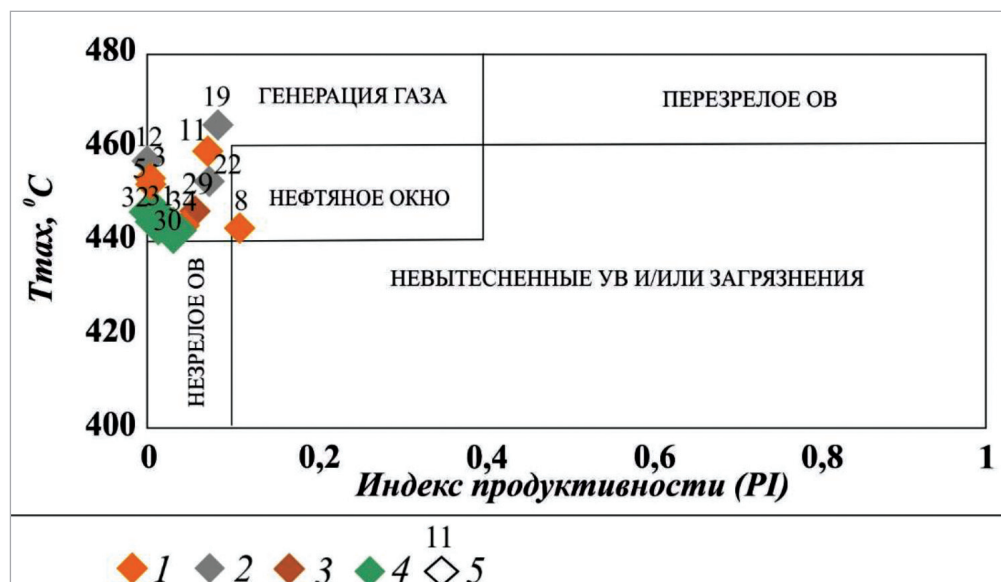


Рис. 5. Зависимость индекса продуктивности (PI) от максимальной температуры пиролиза T_{max} : 1 – образцы пермского возраста; 2 – образцы каменноугольного возраста; 3 – образцы девонского возраста; 4 – образцы силурийского возраста; 5 – номер образца породы

угольных отложений выделяются унбетовская свита башкирского яруса (известняки), кугарчинская (алевро-аргиллитовая флишевая толща) и золоторская (ритмичное переслаивание конгломератов, алевролитов, песчаников, аргиллитов и известняков) свиты московского яруса. Верхнекаменноугольные отложения представлены породами абзановской свиты касимовского яруса (флишевое переслаивание песчаников, алевролитов и аргиллитов) и зианчуринской свиты гжельского яруса (конгломераты известковистые). Ассельский ярус нижнепермской систе-

мы подразделяется на сюреньскую (терригенный флиш с грубообломочными отложениями в основании), ускалыкскую (терригенный флиш) и курмаинскую (известковистые конгломераты) свиты. Сакмарский ярус представлен в объеме карамурунской свиты (известняки глинистые). В составе артинского яруса (наиболее молодые наблюдаемые отложения) выделяются актастинская (терригенный флиш) и байгенджинская (конгломераты) свиты.

Наблюдаемые в ходе маршрутов толщи пород отличаются сильной трещиноватостью. Интенсив-

ность трещиноватости неравномерная. По характеру соотношения со слоистостью пород трещины можно разделить на межслоевые трещины, трещины, перпендикулярные напластованию, трещины секущие слои под углом. Трещины выполнены кальцитом (главным образом) и гипсом, мощностью преимущественно до 1 см. Высокая степень трещиноватости (тектонически обусловленной вторичной пустотности и проницаемости) способствует существенному росту ёмкости потенциальных пород-коллекторов, повышению проницаемости разломных зон и превращению их в фидерные проводящие зоны, обуславливающие вертикальную и латеральную миграцию углеводородов.

В ходе маршрутов в разновозрастных толщах восточного борта южной части Предуральского прогиба были отмечены следующие признаки нефтегазоносности: наличие запаха керосина на свежем сколе пород — мергели (точка наблюдения — т. н. 2) и известняки (т. н. 3) ассельско-сакмарского яруса, известняки ассельского (т. н. 29, 41), гжельского (т. н. 10), московского и башкирского (т. н. 16), серпуховского (т. н. 13) и визейского (т. н. 26) ярусов, породы глинисто-карбонатного состава верхнелландоверийского-пржидольского ярусов (т. н. 24); предполагаемое битумонасыщение пород (т. н. 16, 18) московского яруса; жилы и линзы тёмного кальцита (в песчаниках артинского яруса (т. н. 1), в известняках ассельско-сакмарского (т. н. 3) и баш-

кирского (т. н. 16) ярусов); включения растительного детрита (аргиллиты ассельско-сакмарского (т. н. 2) и турнейского (т. н. 7) ярусов); нефтепроявления из законсервированной скважины № 625 Сакмарского профиля (т. н. 20) (рис. 6).

Таким образом, результаты полевых наблюдений позволили убедиться в том, что в пределах восточного борта южной части Предуральского прогиба имеются следующие необходимые элементы генерационно-аккумуляционных углеводородных систем, описанных ранее в [4]: потенциальные породы-коллекторы, потенциальные породы-покрышки и структурные ловушки [8]. Присутствие же углеводородов свидетельствует о наличии в разрезе изучаемого объекта нефтегазоматеринских пород.

Для идентификации источников углеводородов и оценки их генерационного потенциала, отобранные в ходе полевых работ образцы потенциально нефтематеринских пород были изучены методом Rock-Eval [11, 12].

Часть изученных образцов (девять), как показали исследования, были отобраны не из нефтегазоматеринских толщ, поскольку значения содержания органического углерода (Total Organic Carbon, TOC) составляют менее 0,5%, а величина генерационного потенциала ($S_1 + S_2$ — сумма свободных углеводородов и остаточного углеводородного потенциала соответственно) не превышает 0,1 мг УВ / г породы.

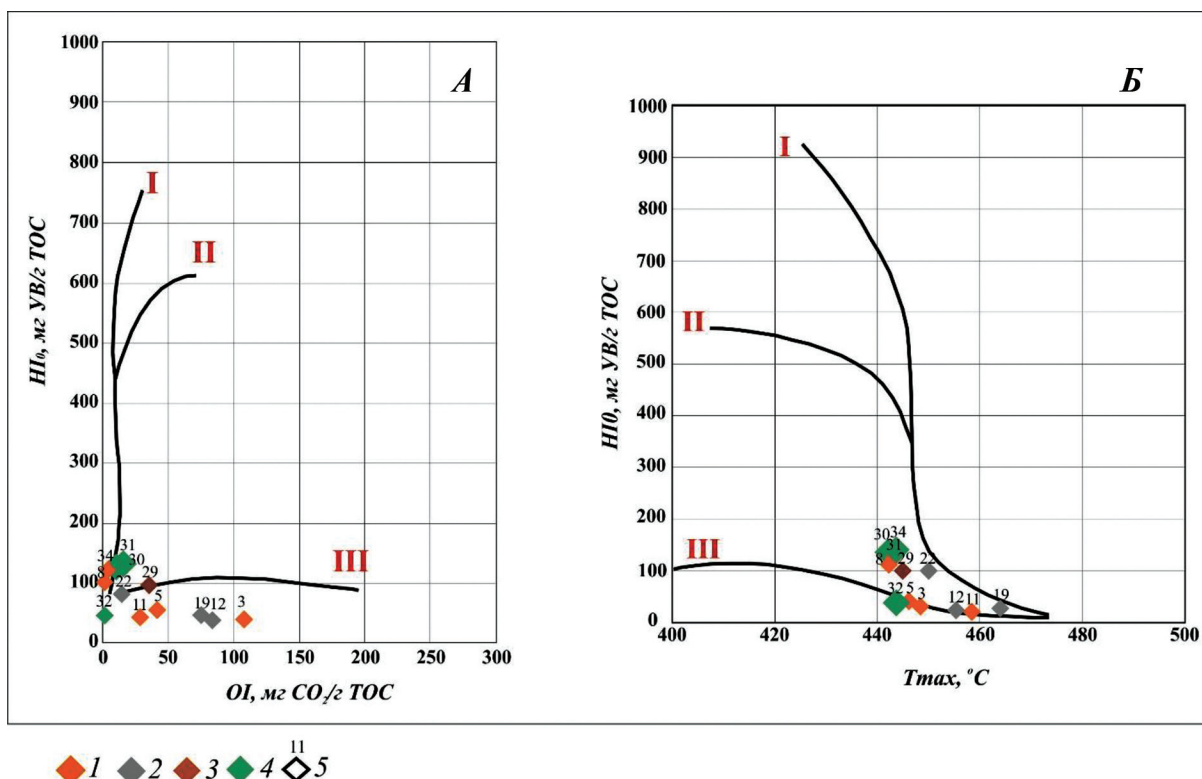


Рис. 6. Диаграмма зависимости для ОВ нефтематеринских пород: А — HI от OI; Б — HI от T_{max} ; 1 — образцы пермского возраста; 2 — образцы каменноугольного возраста; 3 — образцы девонского возраста; 4 — образцы силурийского возраста; 5 — номер образца породы

Другая часть проанализированных образцов по параметрам пиролиза характеризуется как бедная. Это образцы пород фаменского яруса верхнего отдела девонской системы (обр. 29 (т. н. 23)), визейского яруса нижнего отдела каменноугольной системы (обр. 12 (т. н. 5)), московского яруса среднего отдела каменноугольной системы (обр. 22 (т. н. 16)), ассельско-сакмарского (обр. 3, 5 и 8 (все т. н. 2)) и артинского (обр. 11 (т. н. 4), 19 (т. н. 11) и 34 (т. н. 41)) ярусов нижнего отдела пермской системы. Наибольшие концентрации органического углерода из этой части образцов отмечены в аргиллитах ассельско-сакмарского яруса (обр. 3 — 1,09% и обр. 8 — 1,43%), известняках московского яруса (обр. 22 — 1,68%), аргиллитах визейского яруса (обр. 12 — 1,96%) и в известняках фаменского яруса (обр. 29 — 1,17%). В остальных образцах (обр. 5, 11, 19 и 34) значения $\text{ТОС} \leq 0,8\%$. Следует отметить, что изученные образцы являются сильно окисленными (в том числе и за счёт гипергенных процессов), о чем свидетельствуют высокие показания кислородного индекса (ОИ). Возможно, отчасти с этим связаны низкие значения параметров S_1 (свободные углеводороды), S_2 (остаточный потенциал) и НІ (водородный индекс). Сумма параметров S_1 (свободные углеводороды), и S_2 (остаточный потенциал) не превышает 1,6 мг УВ / г породы (обр. 8 — 1,52 мг УВ / г породы, обр. 22 — 1,57 мг УВ / г породы), а величины НІ (водородный индекс) составляют не более 108 мг УВ / г породы (обр. 34). По температуре максимального выхода углеводородов при пиролизе T_{max} (температура максимального выхода углеводородов в процессе крекинга керогена) — от 442 до 465 °С — можно заключить, что органическое вещество пород является зрелым, и степень зрелости варьирует, согласно грациям катагенеза, от МК₁ (обр. 8 и 34) до МК₄ (обр. 19).

Особый интерес представляют результаты изучения образцов силурийских пород (сакмарская свита), отобранных в карьере в г. Куландык (т. н. 24). Впервые для рассматриваемого региона образцы пород силурийского возраста были исследованы с применением экспресс-метода Rock-Eval. По параметрам пиролиза два (обр. 30 и 31) из трёх изученных образцов характеризуют толщу как богатую. Содержание органического углерода в этих образцах составляет 5,87 и 7,3 %, а значения генерационного потенциала, соответственно — 7,21 и 8,24 мг УВ / г породы. Органическое вещество рассматриваемых пород находится на стадии ранней зрелости. Показатель T_{max} (температура максимального выхода углеводородов в процессе крекинга керогена) равен 441 и 442 °С. Величины НІ составляют 118 и 109 мг УВ / г ТОС, что характерно для керогена III типа. Третий изученный образец (обр. 32) характеризуется иными показаниями ТОС (0,68%) и суммы $S_1 + S_2$ (0,27 мг УВ / г поро-

ды). Также следует отметить низкие (40 мг УВ / г ТОС) значения водородного индекса по данному образцу. Температура максимального выхода углеводородов в процессе крекинга керогена (T_{max}) составляет 445 °С. Необходимо отметить, что образцы пород силурийского возраста, по сравнению с другими изученными образцами, характеризуются низкими значениями ОИ. По двум образцам богатой нефтегазоматеринской породы они составляют 7 и 6 мг СО / г ТОС, а для третьего образца ОИ = 0 мг СО / г ТОС.

Заметим, что для полноценной качественной и количественной характеристики силурийских нефтегазоматеринских толщ следует продолжить изучение органического вещества этих пород с применением современных специализированных лабораторных методов.

Выводы

По итогам проведенных полевых работ в пределах восточного борта южной части Предуральского прогиба и результатам выполненных аналитических исследований можно заключить, что исследуемый объект является перспективным для поисков скоплений углеводородов. В его пределах имеются все необходимые для формирования залежей нефти и газа элементы генерационно-аккумуляционных углеводородных систем: потенциальные нефтегазоматеринские породы, породы-коллекторы, породы-покрышки и структурные ловушки.

Впервые с применением современных лабораторных геохимических исследований установлен нефтегазоматеринский потенциал отложений силурийского возраста Предуральского прогиба. Образцы пород карбонатно-глинистого состава сакмарской свиты, относимой к верхам лландоверийского — пржидольскому ярусам, характеризуют материнскую толщу по генерационному потенциалу как богатую, содержащую кероген предположительно III типа.

Полученные результаты имеют важное научное и практическое значение для обоснования перспектив нефтегазоносности восточного борта южной части Предуральского прогиба и последующих рекомендаций по проведению поисковых работ на нефть и газ в пределах этого объекта.

За оказание содействия в осуществлении полевых работ авторы выражают благодарность сотрудникам Института геологии Уфимского научного центра РАН: заведующему лабораторией геохимии и изотопной геологии, к.г.-м.н. В.М. Горожанину и старшему научному сотруднику лаборатории геотектоники и региональной геологии, к.г.-м.н. Е.Н. Горожаниной.

Исследования проведены при финансовой поддержке Минобрнауки России в рамках задания № 5.2907.2017/ПЧ на выполнение научно-исследовательской работы (проектная часть государственного задания в сфере научной деятельности).

ЛИТЕРАТУРА

1. Вингалов В.В., Дроздов В.В., Кутеев Ю.М. Отчёт «Бассейновое моделирование Предуральского прогиба и складчатого Урала в пределах Оренбургской области с целью выбора перспективных направлений поиска нефтегазовых месторождений». Тюмень: ООО «Сибгеопроект», 2014., 406 с.
2. Керимов В.Ю., Кузнецов Н.Б., Мустаев Р.Н., Осипов А.В., Бондарев А.В., Неведова А.С. Условия формирования скоплений углеводородов во взбросо-надвиговых структурах восточного борта Предуральского прогиба // Нефтяное хозяйство. 2017. № 7. С. 36–41.
3. Керимов В.Ю., Осипов А.В., Монакова А.С., Захарченко М.В. Особенности формирования и нефтегазоносность складчато-надвигового пояса Урала // Теоретические основы и технологии поисков и разведки нефти и газа. 2012. № 2. С. 4–14.
4. Керимов В.Ю., Осипов А.В., Неведова А.С. Углеводородные системы южной части Предуральского краевого прогиба // Нефтяное хозяйство. 2017. № 4. С. 36–40.
5. Кузнецов Н.Б., Керимов В.Ю., Осипов А.В., Бондарев А.В., Монакова А.С. Геодинамическая эволюция западного Приуралья в палеозое и геомеханическое моделирование поднадвиговых зон восточного борта Предуральского краевого прогиба с целью создания концепции формирования скоплений углеводородов // Геотектоника. 2018. № 3. С. 3–21.
6. Лядский П.В., Кваснюк Л.Н., Жданов А.В., Чечулина О.В. и др. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000 (третье поколение). Серия Уральская. Объяснительная записка. СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2013. 392 с.
7. Маслов В.А., Артюшкова О.В., Якупов Р.Р., Мавринская Т.М. Проблемные вопросы стратиграфии нижнего и среднего палеозоя Южного Урала // Геологический сборник Института геологии Уфимского научного центра РАН. 2008. № 7. С. 193–204.
8. Минлигалиева Л.И. Перспективы нефтегазоносности складчато-надвигового пояса Южного Урала // Сборник тезисов Юбилейной 71-й международной молодежной конференции «Нефть и газ—2017». М.: РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, 2017. 86 с.
9. Мушкетов И.В. Физическая геология. Санкт-Петербург: Институт инженеров путей сообщения Императора Александра I, 1905. 956 с.
10. Осипов А.В., Монакова А.С., Захарченко М.В. Условия формирования и перспективы поисков скоплений нефти и газа в зоне Передовых складок Урала // Нефть, газ и бизнес. 2013. № 2. С. 52–57.
11. Офман И.П. Отчёт «Разработка геолого-геофизической модели зоны передовых складок Урала, как нового нефтегазоперспективного района». М.: ОАО НПО «Нафтаком», 2013. 218 с.
12. Тиссо Б., Вельте Д. Образование и распространение нефти: пер. с англ. М.: Мир, 1981. 501 с.
13. Peters K.E., Cassa M.R. Applied source rock geochemistry. The petroleum system — from source to trap // AAPG Memoir 60. 1994. P. 93–120.

REFERENCES

1. Vingalov V.V., Drozdov V.V., Kuteev Yu.M. Report «*Basin modeling of the Predural trough and the folded Urals in the Orenburg region for the purpose of selecting promising directions for prospecting oil and gas fields*». Tyumen, OOO «Sibgeoproekt», 2014, 406 p. (In Russian)
2. Kerimov V.Yu., Kuznetsov N.B., Mustaev R.N., Osipov A.V., Bondarev A.V., Nefedova A.S. Conditions for formation of hydrocarbon accumulations in uplift-thrust structures of the eastern side of the Predural trough. *Neftyanoe khozyaystvo — Oil Industry*, 2017, no 7, pp. 36–41. (In Russian)
3. Kerimov V.Yu., Osipov A.V., Monakova A.S., Zakharchenko M.V. Features of formation and oil and gas content of the fold-thrust belt of the Urals. *Teoreticheskie osnovy i tekhnologii poiskov i razvedki nefiti i gaza — Theoretical bases and technologies of prospecting and exploration of oil and gas*, 2012, no 2, pp. 4–4. (In Russian)
4. Kerimov V.Yu., Osipov A.V., Nefedova A.S. Hydrocarbon systems of the southern part of the Predural edge trough. *Neftyanoe khozyaystvo — Oil Industry*, 2017, no 4, pp. 36–40. (In Russian)
5. Kuznetsov N.B., Kerimov V.Yu., Osipov A.V., Bondarev A.V., Monakova A.S. Evolution and Geodynamics of the Sub-Thrust Zones in the Uralfore Deep and Geomechanical Modeling of the Origin of Hydrocarbon Accumulations *Geotectonics*, 2018, no 4, pp. 3–21. (In Russian)
6. Lyadskiy P.V., Kvasnyuk L.N., Zhdanov A.V., Chechulina O.V. i dr. *State Geological Map of the Russian Federation. Scale 1:1 000 000 (third generation). Series Ural*. Explanatory letter, Saint Petersburg, Kartograficheskaya fabrika VSEGEI — Cartographic factory VSEGEI, 2013, 392 p. (In Russian)
7. Maslov V.A., Artyushkova O.V., Yakupov R.R., Mavrinskaya T.M. Problematic issues of the lower and middle Paleozoic stratigraphy of the Southern Urals. *Geologicheskii sbornik Instituta geologii Ufimskogo nauchnogo tsentra RAN — Geological collection of the Institute of Geology of the Ufa Science Center of the Russian Academy of Sciences*, 2008, no 7, pp. 193–204. (In Russian)
8. Minligalieva L.I. Prospects of oil and gas content of the folding-thrust belt of the Southern Urals. *Sbornik tezisev Yubileynoy 71-y mezhduнародnoy molodezhnoy konferentsii «Neft' i gaz — 2017» — Proceedings of the Anniversary of the 71st International Youth Conference «Oil and Gas-2017»*. M., Gubkin Russian State University (National research university) of Oil and Gas, 2017, pp. 86. (In Russian)
9. Mushketov I.V. *Physical Geology*. Saint Petersburg, Institut inzhenerov putey soobshcheniya Imperatora Aleksandra I — Institute of Railway Engineers Emperor Alexander I. 1905. 956 p. (In Russian)
10. Osipov A.V., Monakova A.S., Zakharchenko M.V. Conditions of formation and prospect of searches for oil and gas accumulations in the zone of the Forward folds of the Urals. *Neft', gaz i biznes — Oil, gas and business*, 2013, no 2, pp. 52–57. (In Russian)
11. Ofman I.P. The report «Development of the geological and geophysical model of the zone of the advanced folds of the Urals, as a new oil and gas promising region». Moscow, ОАО НПО «Нафтаком», 2013, pp. 218. (In Russian)
12. Tisso B., Vel'te D. *Formation and distribution of oil*. M., Mir Publ, 1981. 501 p.
13. Peters K.E., Cassa M.R. Applied source rock geochemistry. The petroleum system — from source to trap. AAPG Memoir 60, 1994, pp. 93–120.

ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПОИСКОВ И РАЗВЕДКИ

УДК 550.830

**О ВОЗМОЖНОЙ ПРИУРОЧЕННОСТИ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ
К ЭКСТРЕМУМАМ ЛУННО-СОЛНЕЧНЫХ ВАРИАЦИЙ СИЛЫ ТЯЖЕСТИ**

Ю.В. АНТОНОВ

*Воронежский государственный университет
1, Университетская пл., г. Воронеж 394006, Россия
e-mail: yuriyantонов@yandex.ru*

Проанализирована возможная корреляция разрушительных землетрясений магнитудой $M = 7$ и выше и лунно-солнечных вариаций силы тяжести за период с 1975 по 2015 гг. Лунно-солнечные вариации характеризуются тремя экстремальными точками: максимальным и минимальным значениями силы тяжести, а также максимальной скоростью изменения вариаций. В то же время происходит экстремальное воздействие лунно-солнечного притяжения на земную кору и Землю в целом, поэтому это может послужить источником необратимых деформаций в земной коре. Если в этом случае дополнительно возникает воздействие внешних космических факторов, то повышается вероятность возникновения землетрясения. Во времени землетрясения группируются возле экстремумов изменения лунно-солнечных вариаций: половина событий связана с максимальным градиентом изменения вариаций, а вторая половина поровну приурочена к максимальному и минимальному значениям вариаций силы тяжести. Лунно-солнечные вариации силы тяжести в совокупности с другими космическими воздействиями могут служить причиной для возникновения землетрясений.

Ключевые слова: землетрясения; лунно-солнечные вариации силы тяжести; деформация земной коры; магнитуда; неприливные вариации силы тяжести.

**ABOUT A POSSIBLE CONNECTION BETWEEN EARTHQUAKES
AND LUNAR-SOLAR GRAVITY VARIATIONS**

YU.V. ANTONOV

*Voronezh State University
1, Universitetskaya pl., Voronezh 394018, Russia,
e-mail: yuriyantонов@yandex.ru*

A possible correlation between the destructive earthquakes of magnitude $M = 7$ and above and luni-solar gravity variations between 1975 and 2015 has been analyzed. The lunar-solar variations are characterized by three extreme points: the maximum and minimum values of gravity, and the maximum rate of change of variations. At this time, there is an extreme impact of lunar-solar attraction on the earth's crust and the Earth as a whole. Variations can be a source of irreversible deformation in the earth's crust. If in this case, there is an additional external impact of space factors, the probability of an earthquake is increased. In a time, the earthquakes are grouped near extremes of lunar-solar variations: half of the events are associated with the maximum gradient of variations change, and the second half is equally confined to the maximum and minimum value of gravity variations. Lunar-solar variations of gravity in conjunction with other cosmic influences can cause earthquakes.

Keywords: earthquakes; lunar-solar variations of gravity; deformation of the earth's crust; magnitude; non-tidal variations of gravity.

Землетрясения, которые постоянно происходят на планете, обычно связывают с процессами внутри Земли (так оно и есть), но при этом забывают, что Земля является частью динамической системы Солнце—Земля—Луна и подвергается воздействию космических сил, существующих в данной системе. Но наибольшее влияние на Землю оказывают Солнце и Луна. Поэтому все физические процессы, протекающие на поверхности и внутри Земли так или иначе находятся под влиянием Солнца и Луны и изменяются одновременно. В частности, это относится к наблюдаемым магнитному, электромагнитному, сейсмическому и гравитационному полям. Эти поля взаимосвязаны между собой и могут меняться синхронно под действием внешних сил. Связи эти весьма разнообразны и данному вопросу посвящено огромное число работ, подробный список которых приведен в [8]. Мы рассмотрим более узкую область воздействия Солнца и Луны, связанную с вариациями силы тяжести, что ранее уже частично нами затрагивалась в [1—3].

Вариации силы тяжести определяются Солнцем (на 1/3 часть) и Луной (на 2/3 части). Из-за различий скоростей вращения Земли вокруг оси и вращения Луны вокруг Земли возникает своеобразный пакет колебаний, которые по амплитуде могут изменяться в пределах $\pm 0,36$ мГал. Соответственно в земной коре под воздействием Луны и Солнца ежедневно возникают деформационные волны

сжатия—растяжения, которые внешне проявляются в виде полуметровых поднятий и опусканий поверхности Земли. Этот процесс происходит миллионы и миллиарды лет, находясь в равновесном состоянии [5, 6]. Но при небольших изменениях силы тяжести в космосе эта система может выйти из равновесия [2, 4, 7]. В земной коре под действием дополнительной силы тяжести, вызванной космическими факторами, могут измениться геодинамические условия, что приведёт к нарушению целостности земной коры, т. е. к землетрясению. Естественно, время нарушения целостности земной коры должно быть приурочено ко времени наибольшего значения лунно-солнечных вариаций, а также к наибольшей скорости изменения вариаций (соответственно наибольшей скорости деформации земной коры).

Действительно, косвенно влияние скорости деформации земной коры подтверждается в остаточных аномалиях неприливных вариаций силы тяжести (рис. 1). Под остаточной аномалией неприливных вариаций понимается аномалия после исключения из наблюдаемых значений силы тяжести лунно-солнечных вариаций и смещения нуля-пункта [1—3]. На рис. 1, а показано сравнение лунно-солнечных вариаций и остаточной аномалии на двухнедельном отрезке. Отрезок наблюдений специально выбран в спокойное время. Внешне поведение остаточных аномалий и вариаций совпадает

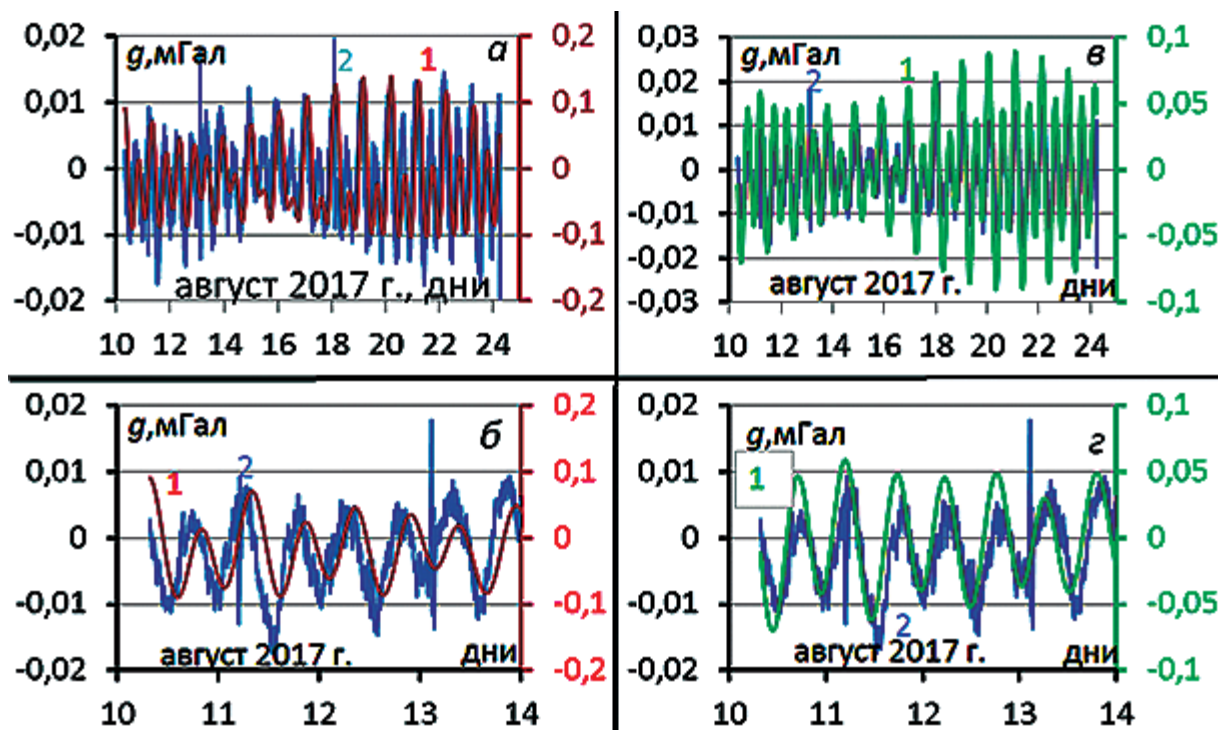


Рис. 1. Графики лунно-солнечных вариаций силы тяжести, градиента лунно-солнечных вариаций и остаточных аномалий неприливных вариаций силы тяжести: а — график лунно-солнечных вариаций силы тяжести (1) и остаточных аномалий неприливных вариаций силы тяжести (2); б — то же (см. рис. 1, а) в увеличенном масштабе; в — график градиента лунно-солнечных вариаций силы тяжести (1) и остаточных аномалий неприливных вариаций силы тяжести (2); г — то же (см. рис. 1, в) в увеличенном масштабе

между собой. Но более детальный анализ в увеличенном масштабе (рис. 1, б) показывает, что лунно-солнечные вариации сдвинуты относительно остаточных аномалий. Такой сдвиг можно объяснить за счёт разности скоростей распространения гравитационного поля и деформации земной коры [1–3]. На рис. 1, в, г дано сравнение скорости изменения лунно-солнечной вариации во времени с остаточной аномалией неприливной вариации. В данном случае имеем более близкое совпадение.

На рис. 2 приведены расчётные лунно-солнечные вариации силы тяжести, а также приращения лунно-солнечных вариаций (численный аналог производной) с шагом 10 мин. Для наглядности амплитуда приращений увеличена в 100 раз. На производной выделяются три экстремальные точки. Одна из них ($\Theta_{\max}$) соответствует максимальной скорости изменения вариации силы тяжести и две других ($\Theta_{\min}$) минимальному и максимальному значениям лунно-солнечных вариаций силы тяжести. Кроме того, у лунно-солнечных вариаций существуют нисходящая и восходящая ветви. На изменение скорости вариаций силы тяжести могут влиять дополнительные силы [1–3] (пульсации силы тяжести, корональные выбросы масс и т. д.), которые могут способствовать усилению деформации земной коры и являться спусковым крючком для землетрясений. Поэтому землетрясения могут проис-

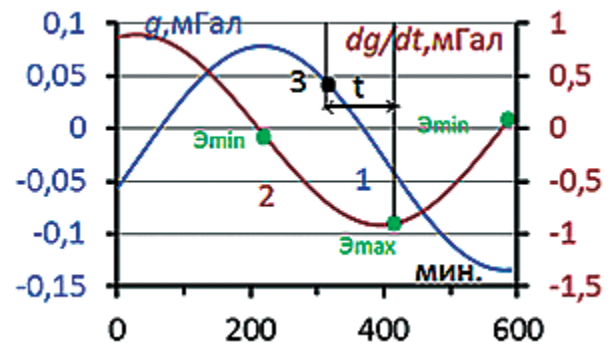


Рис. 2. Схема расположения землетрясения во времени относительно экстремальных точек лунно-солнечных вариаций силы тяжести (1) и максимума градиента лунно-солнечных вариаций (2)

ходить как до точки максимальной скорости ($\Theta_{\max}$), так и после. Землетрясения должны группироваться вокруг этой точки и оцениваться временной разницей t (рис. 2) между временем землетрясения и временем точки $\Theta_{\max}$.

А теперь рассмотрим, как концентрируются землетрясения вокруг экстремальных точек. Для оценки временной разницы для каждого землетрясения были рассчитаны лунно-солнечные вариации относительно момента события в интервале ± 5 ч с шагом 10 мин. Данные по землетрясениям (координаты, магнитуда и время события) взяты из каталога NASA [9, 10].

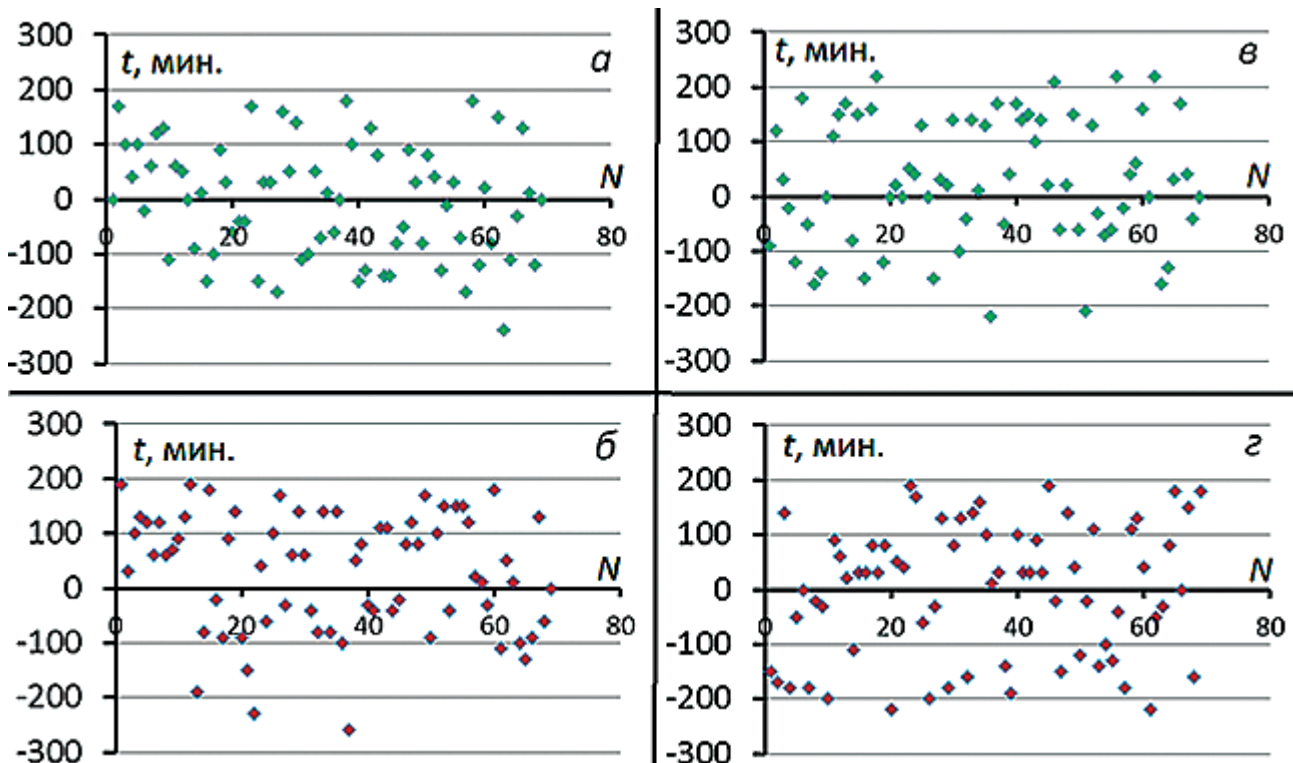


Рис. 3. Отклонение землетрясений по времени от точки максимума градиента вариаций силы тяжести и экстремумов вариаций силы тяжести для землетрясений с магнитудой $7 \leq M < 8$: а – отклонения от точки максимума градиента вариаций по восходящей ветви; б – то же (см рис. 1, а) по нисходящей ветви вариации; в – отклонения от точек максимума вариаций силы тяжести по восходящей ветви; г – то же (см. рис. 1, в) по нисходящей ветви

Была проведена оценка для распределения землетрясений относительно точки $\Theta_{\max}$. Для этой цели были взяты отдельно землетрясения с магнитудой от 8 единиц и более ($M \geq 8$) и в интервале от семи до восьми единиц ($7 \leq M < 8$). Предпочтение выбору разрушительных землетрясений отдано потому, что землетрясения такой мощности не могут быть афтершоками, которые связаны преимущественно с внутренней геодинамикой земной коры. Недостатком такого отбора является не очень высокая репрезентативность выборки.

Вначале были рассмотрено распределение землетрясений с магнитудой $7 \leq M < 8$ отдельно по нисходящей (рис. 3, а) и восходящей (рис. 3, б) ветвям вариаций силы тяжести. Отклонение времени землетрясений относительно экстремальной точки практически одинаково. То же самое можно сказать о суммарном распределении (нисходящая плюс восходящая ветви вариации) землетрясений $7 \leq M < 8$ (рис. 4). По полученным данным были построены графики распределения отдельно для землетрясений с магнитудой $7 \leq M < 8$ (рис. 5, а) и с магнитудой $M \geq 8$ (рис. 5, б), включая отдельно распределения по нисходящей и восходящей ветвям лунно-солнечных вариаций. На рис. 5, в представлены суммарные графики распределения для землетрясений с магнитудой выше 7 единиц.

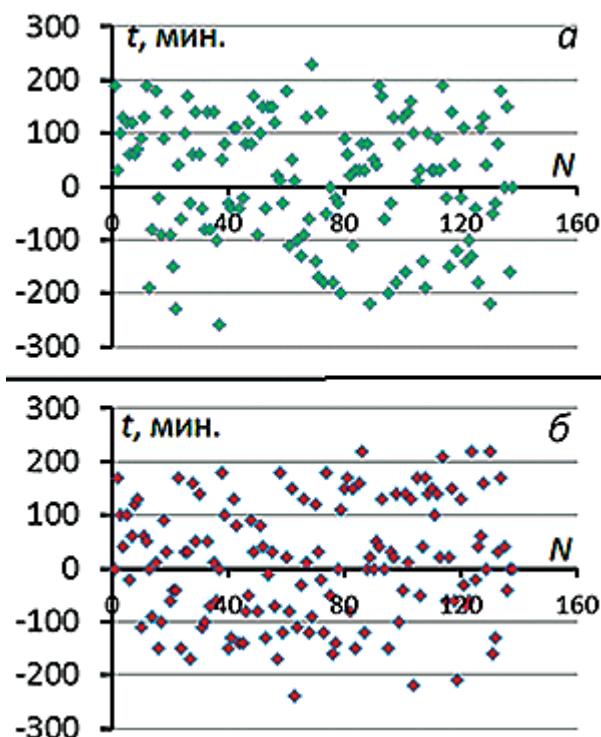


Рис. 4. Распределение отклонений пунктов землетрясений по времени от экстремальных значений вариаций силы тяжести для землетрясений с магнитудой $7 \leq M < 8$: а – отклонения от точки максимума градиента вариаций; б – отклонения от точек экстремумов вариаций; N – число событий

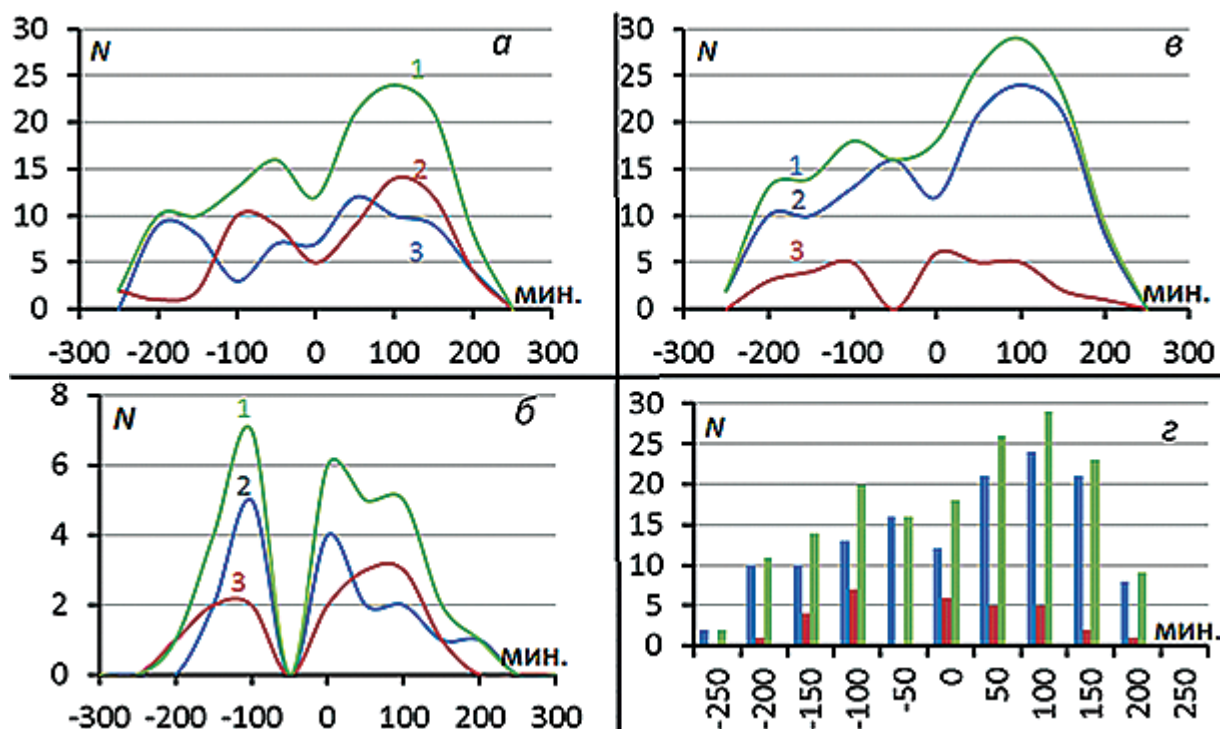


Рис. 5. Графики (а, б, в) и гистограммы (г) распределения отклонений землетрясений по времени от точек максимума градиента вариаций силы тяжести: а – отклонения для землетрясений с магнитудой $7 \leq M < 8$; 1 – график для восходящей ветви вариации; 2 – график для нисходящей ветви вариации; 3 – итоговый график отклонений; б – отклонение землетрясений по времени для землетрясений с магнитудой $M \geq 8$; 1, 2, 3 – то же (а, б, в); в – суммарное распределение отклонений пунктов землетрясений по времени: 1 – итоговый график для землетрясений с магнитудой $M \geq 7$; 2 – график для землетрясений с магнитудой $7 \leq M < 8$; 3 – для землетрясений с магнитудой $M \geq 8$; г – гистограмма суммарного распределения для землетрясений с магнитудой $M \geq 7$ (цветовая гамма событий соответствует цвету кривых распределений на рис 5, в); N – число событий

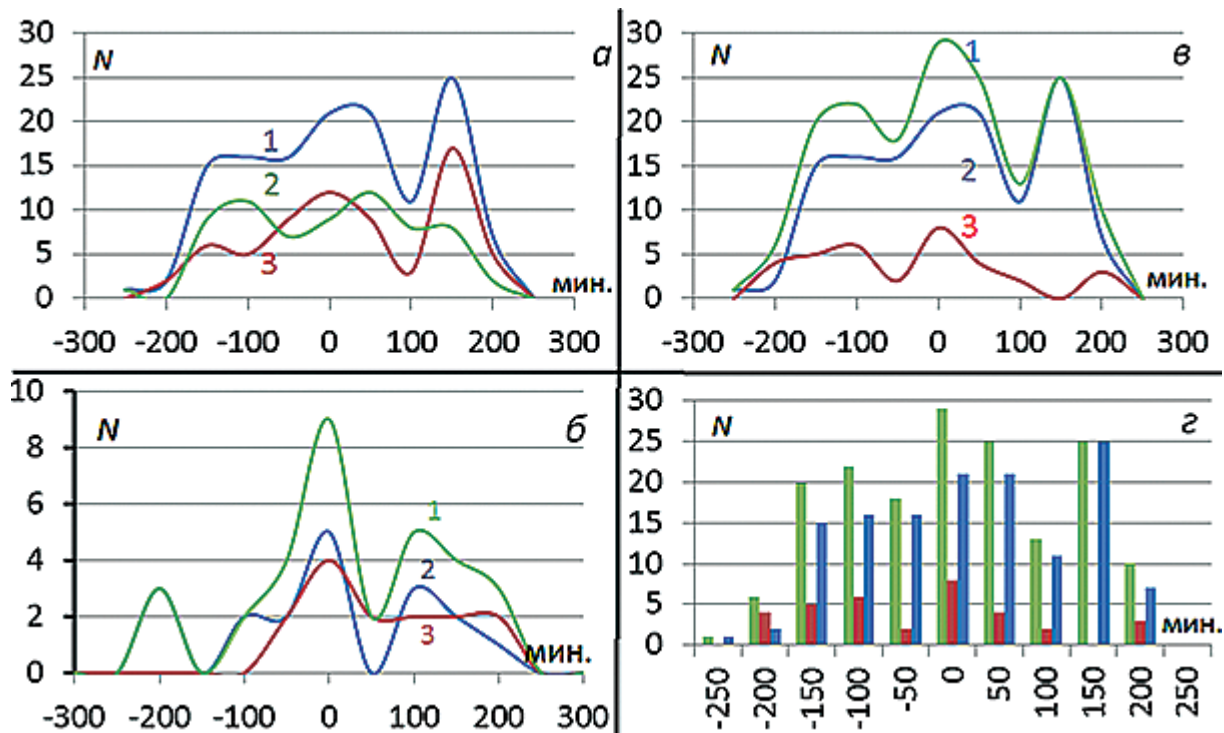


Рис. 6. Графики (а, б, в) и гистограммы (г) распределения отклонений землетрясений по времени от точек максимума значений вариаций силы тяжести: а – отклонения для землетрясений с магнитудой $7 \leq M < 8$; 1 – график для восходящей ветви вариации; 2 – график для нисходящей ветви вариации; 3 – итоговый график отклонений; б – отклонения для землетрясений с магнитудой $M \geq 8$; 1, 2, 3 – повторно (а, б, в); в – суммарное распределение отклонений; 1 – итоговый график для землетрясений с магнитудой $M \geq 7$; 2 – график для землетрясений с магнитудой $7 \leq M < 8$; 3 – график для землетрясений с магнитудой $M \geq 8$; г – гистограмма суммарного распределения для землетрясений с магнитудой $M \geq 7$ (цветовая гамма событий соответствует цвету кривых распределения на рис 6, в); N – число событий

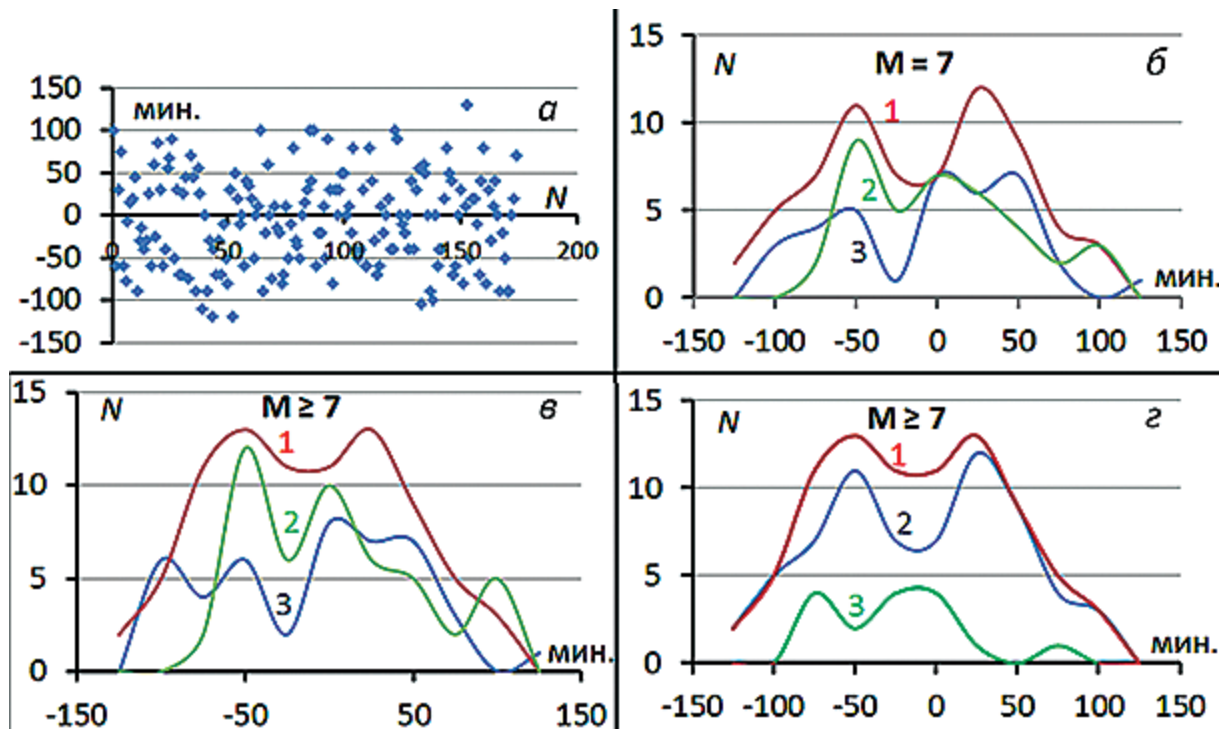


Рис. 7. Суммарное распределение событий относительно экстремальных точек лунно-солнечных вариаций: а – суммарное отклонение пунктов землетрясений по времени от точек максимумов значений вариации и максимума градиента вариации; б – кривые распределения землетрясений с магнитудой от 7 до 8 единиц, 1 – итоговое распределение для землетрясений с магнитудой $7 \leq M < 8$; 2 – распределение по восходящей ветви вариаций; 3 – график по нисходящей ветви вариаций; в – кривые суммарного распределения землетрясений с магнитудой $M > 7$, 1 – итоговое распределение для землетрясений с магнитудой $M > 7$; 2 – распределение по восходящей ветви вариаций; 3 – распределение по нисходящей ветви вариаций; г – кривые суммарного распределения землетрясений с магнитудой $M > 7$, 1 – итоговое распределение для землетрясений с магнитудой $M > 7$; 2 – распределение с магнитудой $7 \leq M < 8$; 3 – распределение с магнитудой $(7 \leq M < 8)$; N – число событий

Следует сразу же отметить, что кривые распределений отклонений имеют три максимума, т. е. землетрясения группируются не только вокруг точек максимального градиента изменения вариаций силы тяжести, но и вокруг точек максимального и минимального значений вариаций силы тяжести. Поэтому отклонения имеют очень широкий диапазон изменения ± 250 мин. (рис. 5, а, б, в). Гистограмма (рис. 5, г) ничего нового не вносит.

Далее всё то же самое было сделано в предположении, что землетрясения группируются только вокруг точек, когда лунно-солнечные вариации принимают максимальные и минимальные значения силы тяжести (рис. 3, в, г; 4, б; 6). На итоговой кривой (рис. 6) наблюдается аналогичная картина: основной максимум землетрясений совпадает с экстремальными точками при наличии двух дополнительных максимумов по бокам.

Поэтому рассмотрим распределение землетрясений в совокупности для всех трёх экстремальных точек. Для оценки возьмём расстояние от происхождения события до ближайшей экстремальной точки. При анализе числа землетрясений оказалось, что число событий, тяготеющих к максимальному и минимальному значениям вариаций силы тяжести, практически одинаково. Разность составляет не более трёх событий, что, конечно, является случайным совпадением, но равенство существует реально. Число землетрясений, связанных с максимальным градиентом вариаций, практически равно сумме событий, приуроченных к двум экстремальным точкам вариаций силы тяжести. Таким образом, можно считать, что большая часть землетрясений группируется вокруг точки с максимальным градиентом изменения лунно-солнечных вариаций силы тяжести. В итоге интервал отклонений времени землетрясений от экстремальных точек резко сужается от ± 250 мин. до ± 100 мин. (рис. 7, а).

Рассмотрим, как делали выше, распределение событий с магнитудой $7 \leq M < 8$ (рис. 7, б, кривая 1). Кривая распределения событий для точки $\Theta_{\max}$ получается «двугорбой», с максимальными значениями ± 50 мин. Наличие двух горбов распределения событий чётко увязывается с событиями, про-

исходящими на восходящей (рис. 7, б, кривая 2) и на нисходящей (рис. 7, б, кривая 3) ветвях вариаций силы тяжести. Для точек $\Theta_{\min}$ «двугорбость» проявляется менее чётко, так как число событий меньше в два раза, чем для точки $\Theta_{\max}$. Природа этого явления на данном этапе трудно определима. Может быть, она с некоторой натяжкой объясняется давлением солнечного света. Точно такая же картина наблюдается на рис. 7, в, где приведена подобная кривая распределения, что и на рис. 7, б, но уже для всех землетрясений ($M > 7$), включая кривые по восходящей (рис. 7, в, кривая 2) и на нисходящей (рис. 7, в, кривая 3) ветвях вариаций силы тяжести. Кривые распределения событий не меняются с добавлением дополнительных событий. Наконец, на рис. 7, г дано распределение землетрясений для всех экстремальных точек в сумме (рис. 7, г, кривая 1) и отдельно для землетрясений с магнитудой $7 \leq M < 8$ (рис. 7, г, кривая 2) с магнитудой $M > 8$ (рис. 7, г, кривая 3). Все кривые совпадают между собой.

В итоге можно констатировать, что лунно-солнечные вариации и землетрясения некоторым образом связаны между собой. Возможной причиной этой связи, скорее всего, могут служить процессы, происходящие в солнечной системе (метеорные потоки, корональные выбросы масс и т. д.). Представленные результаты исследований и их интерпретация не претендуют на окончательные выводы. Данные исследования должны быть продолжены. В частности, надо этот вопрос рассматривать в комплексе с вариациями всех геофизических полей. Кроме того, необходимо при обработке учитывать землетрясения с магнитудой менее 7 единиц, но при этом найти какой-то способ отбраковки афтершоков от землетрясений.

Тем не менее в настоящее время не существует большой проблемы, чтобы рассчитывать лунно-солнечные вариации на любое заданное время вперёд на какой угодно территории и с любым временным шагом. Сейсмоопасные тектонические зоны на земном шаре давно известны. Совпадение экстремальных зон лунно-солнечных вариаций с сейсмоопасными зонами можно использовать для средне- и долгосрочного прогноза землетрясений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Антонов Ю.В. Структура и морфология неприливных вариаций силы тяжести // Геофизика. 2015. № 1. С. 67–71.
2. Антонов Ю.В., Антонова И.Ю. Неприливные вариации силы тяжести как возможный критерий краткосрочного прогноза землетрясений // Экологический вестник научных центров ЧЭС. 2015. № 1. С. 5–13.
3. Антонов Ю.В., Антонова И.Ю. Запаздывание приливной волны на суше // Геофизика. 2013. № 6. С. 48–51.
4. Богачёв С.А., Кириченко А.С. Солнечные вспышки // Земля и Вселенная. 2013. № 5. С. 3–15.
5. Максимов И.В. Геофизические силы и воды океанов. Л.: Гидрометеиздат, 1970. 447 с.
6. Мельхиор П. Земные приливы. М.: Изд-во «Мир», 1968. 482 с.
7. Северный А.Б. Некоторые проблемы физики Солнца. М.: Наука, 1988. 221 с.
8. Sobolev G.A., Ponomarev A.V. Fizika zemletryaseniy I predvestniki. [Earthquake physics and precursors]. М.: Наука, 2003. 270 с.
9. NASA Research Team Reveals Moon Has Earth-Like Core [Электронный ресурс] Yandex.ru://www.nasa.gov/topics/moonmars/features/lunar_core.htm, дата обращения 30.05.2018.
10. ShakeMap [Электронный ресурс] Yandex.ru://earthquake.usgs.gov/data/shakemap, дата обращения 30.05.2018.

REFERENCES

1. Antonov Yu.V. Struktura i morfologiya neprilivnykh variatsiy sily tyazhesti [The structure and morphology of the tidal gravity variations]. *Geofizika* [Geophysics], 2015, no. 1, pp. 67–71. (In Russian)
2. Antonov Yu.V., Antonova I.Yu. Neprilivnye variatsiy sily tyazhesti kak vozmozhnyy variant kratkosrochnogo prognoza zemletryaseniy. [Non-tidal variations of gravity as a possible criterion for short-term earthquake prediction]. Krasnodar. *Ecologicheskii vestnik nauchnykh centrov CHES*, 2015, no. 1, pp. 5–13. (In Russian)
3. Antonov Yu.V., Antonova I.Yu. Zapazdyvanie prilivnoy volny na sushe [The delay of the tidal wave on land]. *Geofizika* [Geophysics], 2013, no. 6, pp. 48–51. (In Russian)
4. Bogachev S.A., Kirichenko A.S. Solnechnye vspyshki [Solar flares]. *Zemlya i Vselennaya* [Earth and Universe], 2013, no 5, pp. 3–15. (In Russian)
5. Maximov I.V. Geofizicheskie sily i vody okeanov. [Geophysical forces and ocean waters] L., Hydrometeoizdat Publ, 1970, 447 p. (In Russian)
6. Melchior P. *Zemnye prilivy* [Earth tides] M., Mir Publ, 1968, 482 p. (In Russian)
7. Severny A.B. *Nekotorye problemy fiziki Solnza*. [Some problems of solar physics] M., Mir Publ, 482 p. (In Russian)
8. Sobolev G.A., Ponamarev A.V. *Fizika zemletryaseniy i predvestniki*. [Earthquake physics and precursors]. M., Nauka Publ, 2003, 270 p. (In Russian)
9. NASA Research Team Reveals Moon Has Earth-Like Core. Available at: www.nasa.gov/topics/moonmars/features/lunar_core.ht, accessed 30.05.2018
10. Shake Map. Available at: earthquake.usgs.gov/data/shakemap, accessed 30.05.2018

ГЕОЭКОЛОГИЯ

УДК 550.8.053

**ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ ЭКОЛОГО-ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ
В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ КУЧИНСКОГО ПОЛИГОНА ТВЁРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ
(МОСКОВСКАЯ ОБЛАСТЬ)**

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*

Приведена трактовка терминов «экологический потенциал» (ЭП) и «эколого-гидрогеологическая система» (ЭГГС), предлагаемых автором для оценки способности гидрогеологической системы сохранять или восстанавливать свойства её самоорганизации под воздействием техногенной нагрузки. Рассмотрены ЭГГС, развитые в границах Пехорского месторождения подземных вод в районе полигона твердых бытовых отходов «Кучино». Высказаны предположения о высоком уровне загрязнения подземных вод ниже—среднечетвертичного водоносного горизонта как системы I типа, лишенной зоны аэрации в результате складирования твердых бытовых отходов. На фактических данных о качестве подземных вод касимовского водоносного горизонта как ЭГГС II типа показано формирование высокого ЭП, устойчивого в течение более 50 лет в результате процессов деструкции в отношении соединений азота, органических веществ, нефтепродуктов, анионактивных поверхностно-активных веществ, патогенной микрофлоры, фенолов. Показано также, что макрокомпоненты обладают более низким потенциалом, который обеспечивается процессами разбавления потоком подземных вод.

Ключевые слова: экологический потенциал; эколого-гидрогеологическая система; твердые бытовые отходы; загрязняющие вещества; касимовский водоносный горизонт; техногенные объекты; Кучино.

**ECOLOGIC POTENTIAL OF THE ENVIRONMENTAL AND HYDROGEOLOGICAL
SYSTEMS IN THE AREA OF KUCHINSKY MUNICIPAL SOLID WASTE LANDFILL
(MOSCOW REGION)**

N.V. FISUN

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

The paper describes the interpretation of the terms «ecologic potential» (EP) and «environmental and hydrogeological system», proposed by the author to assess the ability of the hydrogeological system to maintain or restore the properties of its self-organization under the influence of the man-caused stress. The environmental-hydrogeological systems developed within the boundaries of Pekhorskoe deposit of groundwater in the area of landfill «Kuchino», have been considered. The high level of the groundwater pollution of the lower-middle Quaternary aquifer as a system of the type I devoid of aeration zone as a result of storage of municipal solid waste (MSW), has been suggested. The evidence data of the groundwater quality of the aquifer Kasimov as the EGGS of type II has shown the formation of the high ecologic potential, stable for more than 50 years as a result of the processes of destruction in relation to nitrogen compounds, organic substances, petroleum products, anionic surfactants, pathogenic microorganisms, phenols. It is also shown that macro-components have a lower potential, which is provided by the processes of groundwater flow expansion of the the solid waste landfill.

Keywords: ecologic potential; environmental and hydrogeological system; municipal solid waste; pollutant; Kasimov aquifer; man-made objects; Kuchino.

Термин «экологический потенциал» (ЭП) был предложен в 2003 г. Н.В. Фисун [1] для оценки способности эколого-гидрогеологической системы (ЭГГС) сохранять или восстанавливать свойства её самоорганизации под воздействием техногенной нагрузки. ЭГГС — совокупность гидрогеологических элементов, насыщенных жидкой водой и населённых живыми организмами — гидrolитобионтами. ЭГГС как любая система с участием живого вещества — самоорганизующаяся, определённым образом упорядоченная совокупность, существующая как единое целое за счёт распределения и перераспределения вещества, энергии и информации между твёрдыми, жидкими, газообразными элементами и микроорганизмами, а также за счёт взаимодействия со смежными ЭГГС гидrolитосферы и других геосфер.

ЭП ЭГГС складывается из свойств входящих в неё элементов и определяется совокупностью факторов: строением и составом зоны аэрации, водоупорных горизонтов кровли и подошвы, гидродинамикой потока, геомиграционными параметрами среды, гидравлической связью потока подземных вод с поверхностными водотоками, типом биоценоза ЭГГС, видом и свойствами загрязняющего вещества (ЗВ), характером техногенного воздействия.

ЭП предлагается оценивать числом процентов снижения концентрации загрязняющего вещества при достижении фронтом миграции границ ЭГГС или охраняемых объектов.

В [1] на основе анализа имеющегося опыта исследований массопереноса ЗВ и результатов собственных экспериментов автора по миграции компонентов коммунально-бытового загрязнения выделены системы двух типов: I тип — ЭГГС зоны бактериального кислородного окисления, развитые в верхней части гидrolитосферы; II тип — ЭГГС зоны анаэробного разложения, развитые ниже первого от поверхности земли регионального водоупорного слоя.

Наиболее важной частью ЭГГС первого типа является зона аэрации, поскольку она определяет особенности движения влаги и загрязняющих веществ с поверхности земли до уровня грунтовых вод, длительность процессов переноса и деградации веществ, и соответственно природную защищённость грунтовых вод [4]. В этой части ЭГГС I типа массоперенос нитритов, нитратов и аммония протекает вследствие нитрификации. Элиминирования азота не происходит, наблюдается переход его соединений в устойчивую форму нитратов. В экспериментах, описанных в [1], ЭП в отношении аммония составил 100% и фактически был неисчерпаемым. Высокий потенциал (100%) в отношении нитритов сформировался через 58 сут. и сохранялся до конца экспериментов. ЭП в отношении нитратов был отрицательным (-10%) — его концентрации в грунтовых водах были выше, чем в ис-

точнике загрязнения. Миграция анионоактивных поверхностно активных веществ (АПАВ) сопровождалась процессами сорбции—десорбции (ЭП 0 %), концентрация нефтепродуктов устойчиво снижалась на 20% (ЭП 20%), очевидно, за счёт микробиологической деструкции, существенных изменений содержания органических загрязнений по биологическому потреблению кислорода (БПК₅) не наблюдалось (ЭП 0%). Высокий экологический потенциал отмечался в отношении фосфатов (ЭП 100%), которые полностью элиминировались в зоне аэрации за счёт процессов химической сорбции на карбонатных песках. Аэробная обстановка способствовала развитию патогенной микрофлоры (в экспериментах это отмечено в отношении *E.coli* и *aeruginosa*) (ЭП 0 %).

После достижения фронтом миграции ЗВ уровня подземных вод в концентрации, соответствующей её значению в источнике загрязнения, ЭП самой зоны аэрации будет исчерпан, а ЭП зоны насыщения обеспечивается в дальнейшем процессами массопереноса в фильтрационном потоке в аэробной среде.

Экологический потенциал ЭГГС I типа обычно невысок, эффекты элиминирования ЗВ непродолжительны во времени.

ЭГГС II типа имеют выдержанную водоупорную кровлю, вертикальная фильтрация ЗВ через которую осложнена процессами диффузии и сорбции глинистыми минералами. Подземные воды этих ЭГГС населены организмами-анаэробами, которые в экстремальных условиях среды обитания вынуждены «добывать» кислород и биогены из стойких к разложению органических соединений и минеральных веществ, что сопровождается процессами микробиологической деструкции загрязнений различного типа. В экспериментах [1] наблюдалась полная деструкция азотсодержащих веществ в результате денитрификации (ЭП 100%). Прогнозируемый экологический потенциал таких систем очень высок.

Предлагаемые автором оценки экологического потенциала близки к подходам, предложенным в [2, 4] для определения защищённости подземных вод от загрязнения, но отличаются возможностью количественной оценки устойчивости гидрогеологических систем к загрязнению в отношении различных ЗВ. Ниже они рассмотрены применительно к защищаемым объектам, в качестве которых выбраны водозаборы подземных вод, размещённые в ЭГГС II типа вблизи полигона твёрдых бытовых отходов (ТБО) «Кучино».

Полигон ТБО «Кучино» расположен в отработанном глиняном карьере Кучинского керамического комбината между микрорайонами Железнодорожный и Салтыковка городского округа Балашиха на правом берегу р. Пехорка. Полигон функционировал с 1964 г. Сюда свозили твёрдые быто-

вые и строительные отходы из ближайших населённых пунктов Московской области и Москвы. Кроме того, складировался обезвоженный иловый осадок из отстойников близлежащей Люберецкой станции аэрации, которым покрыта не только большая часть полигона, но и прилегающие сельскохозяйственные земли, а также склон к р. Пехорка [5].

Впервые вопрос о закрытии полигона был поднят в 1975 г., однако он продолжал функционировать, принимая до 600 тыс. т отходов в год. Массив полигона является гигантским химическим реактором, содержащим большое число различных соединений. Главным образом это газообразные вещества в виде полиароматических углеводородов (ПАУ). Инфильтрат полигона высачивается в основании массива отходов и стекает в р. Пехорка.

Эксплуатация полигона прекращена в июле 2017 г. после «Прямой линии» с В.В. Путиным. В настоящее время разработан проект его рекультивации [5].

Полигон возвышается на 55 м над поверхностью земли, на 58 м над урезом рек, площадь в плане составляет около 0,5 км². Подошва массива ТБО врезана в толщу пород на глубину около 15 м, доходя до кровли ниже—среднечетвертичных водно-ледниковых отложений (рис. 1). Массив ТБО

насыщен техногенными водами, уровень которых по мере складирования отходов повышался: в 2002 г. он располагался на отметке 139 м, в 2017 г. — на отметке 155 м. Предположительно состав инфильтрата может характеризоваться следующими показателями [3], мг/л: аммоний 750; нитраты 3,0; нитриты 0,5; азот общий 1250; фенол 5,2; углеводороды 1,1; марганец 25; фосфор общий 6,0; сульфаты 500. Содержание органических веществ по БПК₅ составляет в среднем 13000 мгО₂/л. По составу газообразной фазы (метан) можно утверждать, что в массиве ТБО формируется анаэробная среда. По результатам обследования полигона в 1992 г. установлено, что отсутствие почвенной и водной микрофауны свидетельствует о резко неблагоприятной для биоты среде в массиве отходов [6], поэтому бактерии-денитрификаторы здесь отсутствуют, но активно развиваются метанообразующие бактерии.

Участок полигона ТБО в схеме гидрогеологического районирования расположен на севере Пехорского месторождения подземных вод. Водоносные каменноугольные горизонты карбона в границах месторождения используются для питьевого централизованного водоснабжения. Основным источником служит верхний каменноугольный касимовский водоносный горизонт, отделённый от

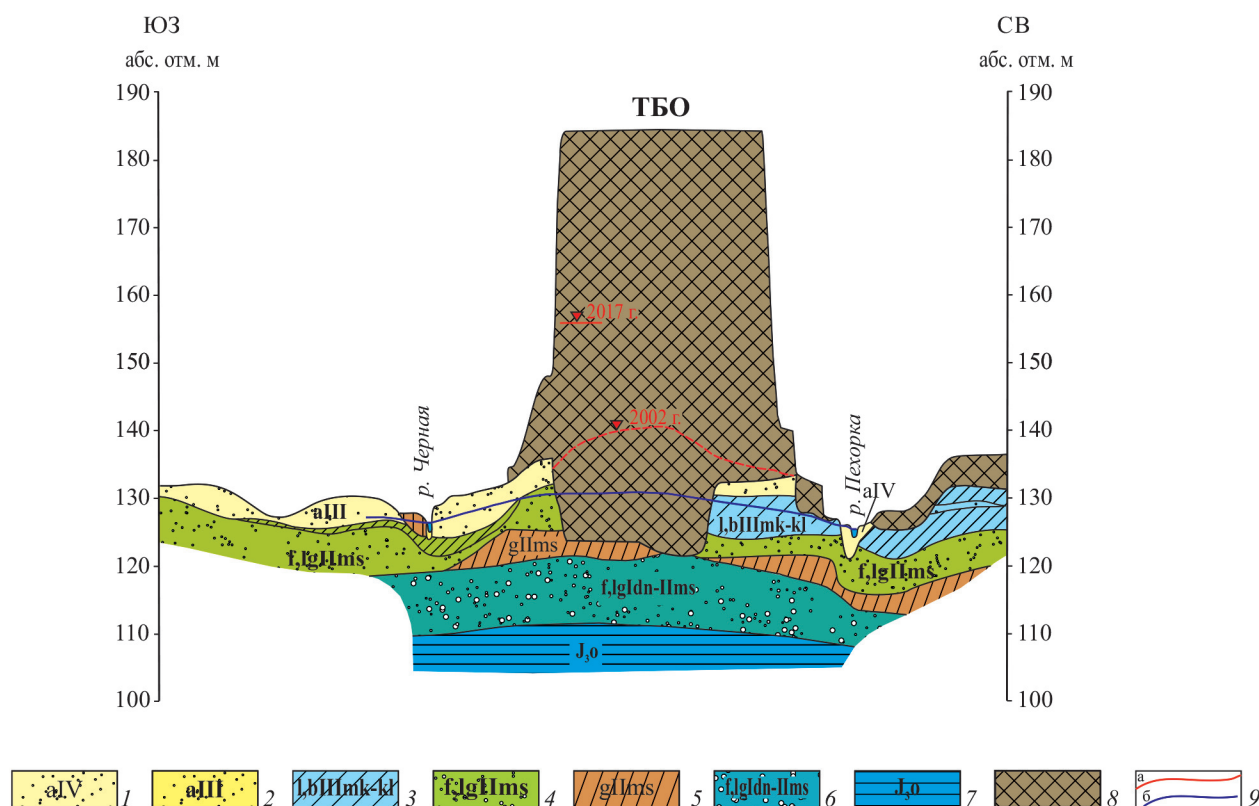


Рис. 1. Геолого-гидрогеологический разрез полигона ТБО «Кучино» [5]: 1 — современные аллювиальные отложения; 2 — верхнечетвертичные аллювиальные отложения; 3 — верхнечетвертичные озерно-болотные отложения; 4 — среднечетвертичный водно-ледниковый водоносный горизонт; 5 — среднечетвертичные моренные отложения; 6 — нижне-среднечетвертичный водоносный горизонт; 7 — верхнеюрский водоупорный горизонт; 8 — массив твердых бытовых отходов; 9 — уровни подземных вод: а — техногенного горизонта; б — надюрского водоносного комплекса

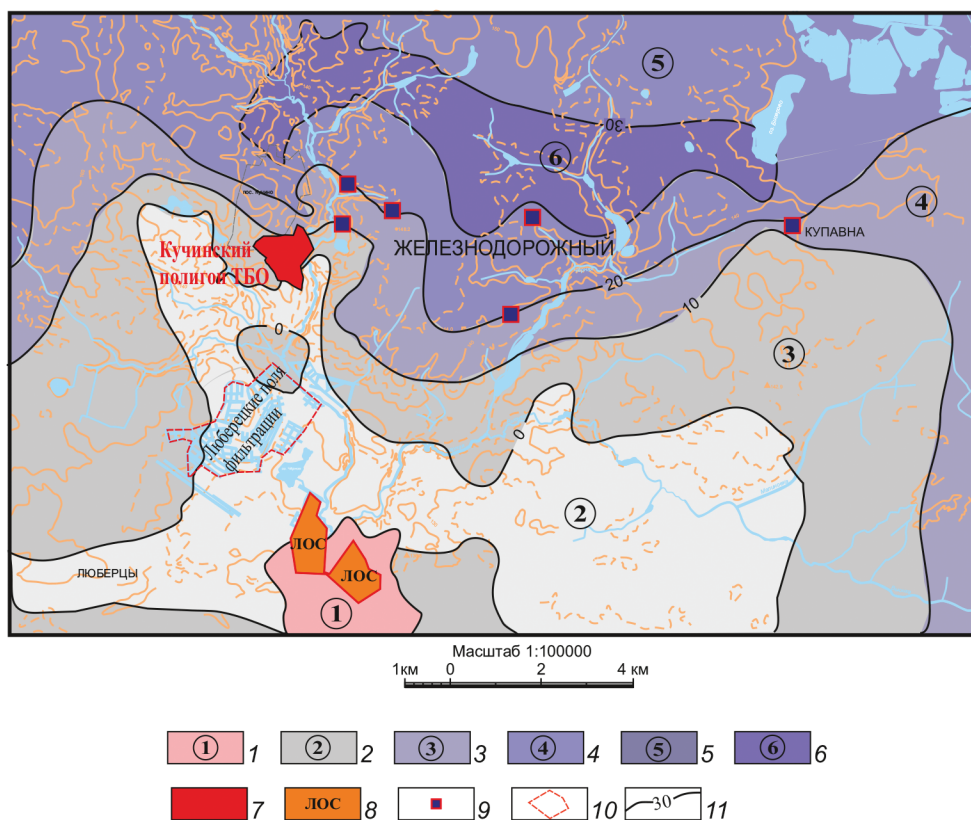


Рис. 2. Схематическая эколого-гидрогеологическая карта района полигона ТБО «Кучино»: 1–6 — условия залегания касимовского водоносного горизонта: 1 — зона размыва отложений касимовского яруса и верхней юры; 2 — зона выхода отложений касимовского яруса на дочетвертичную поверхность; 3 — зона с мощностью верхнеюрских отложений до 10 м; 4 — зона с мощностью водоупорной кровли касимовского водоносного горизонта 10–20 м; 5, 6 — зоны с мощностью водоупорной кровли касимовского водоносного горизонта соответственно 20–30 м и более 30 м; 7 — полигон ТБО «Кучино»; 8 — Люберецкие очистные сооружения; 9 — водозаборы подземных вод; 10 — рекультивированные Люберецкие поля фильтрации; 11 — изолинии мощности водоупорного горизонта в кровле касимовского водоносного горизонта

грунтовых вод надъярского комплекса водоупорной толщей глин верхней юры.

Касимовский водоносный горизонт развит повсеместно в пределах описываемой территории, за исключением небольшого участка у южной границы, где в глубоком эрозионном врезе кровля юрских глин и отложения касимовского яруса размывы (зона 1 на рис. 2). Условия залегания верхнеюрского водоупорного горизонта и, следовательно, защищенности касимовского водоносного горизонта от поверхностного загрязнения, на остальной территории различны (рис. 2). В пределах зоны 2 юрский водоупор размывает, и касимовский ярус выходит на дочетвертичную поверхность, а в кровле подземных вод касимовского водоносного горизонта залегают четвертичные суглинки. За пределами границ зоны 2 мощность верхнеюрских водоупорных глин в кровле касимовского горизонта постепенно возрастает до 30 м и более.

В зоне 2 касимовский водоносный горизонт представляет собой ЭГГС первого типа. В пределах этой зоны размещены рекультивированные Люберецкие поля фильтрации. Сегодня Люберецкие поля — застраиваемый жилой район на востоке Москвы, административно относящийся к району

Некрасовка Юго-Восточного административного округа. Жилой район начал застраиваться в августе 2011 г., его территория вошла в состав Москвы. Однако, несмотря на то, что поля фильтрации рекультивированы, они по-прежнему служат источником ЗВ для подземных вод, поскольку расположены выше по потоку подземных вод касимовского водоносного горизонта.

Из действующих техногенных объектов в зоне 2 расположены Люберецкие очистные сооружения (ЛОС). В 2006 г. впервые в России на ЛОС внедрён уникальный технологический комплекс нового поколения, обеспечивающий удаление соединений азота и фосфора биологическими методами. В 2007 г. в строй введен первый блок ультрафиолетового обеззараживания очищенных вод производительностью 1 млн. м³/сут. Очищенные воды сбрасываются в Москву-реку через 28-километровый канал и частично, после ультрафиолетового обеззараживания, — в р. Пехорка ниже по её течению от описываемой территории. Расстояние от ЛОС до водозаборов, оборудованных на касимовский водоносный горизонт, составляет 6,5 км.

Полигон ТБО «Кучино» размещается в зоне 3, в пределах которой мощность верхнеюрских глин в

кровле касимовского водоносного горизонта достигает 10 м. Водозаборы находятся в зонах 4 и 5 с мощностью глин в кровле более 10 м. Ближайшее расстояние от полигона до водозаборов 300 м, все они расположены на противоположном берегу р. Пехорка.

Касимовский водоносный горизонт в зонах 3–6 представляет собой ЭГГС II типа, на площади развития которой размещаются все водозаборы и большая часть территории ТБО.

Таким образом, в пределах рассматриваемой территории развиты ЭГГС двух типов: бактериального кислородного окисления (надъюрский водоносный комплекс грунтовых вод повсеместно и касимовский водоносный горизонт в зоне 2) и анаэробного разложения (касимовский водоносный горизонт за пределами зоны 2). На площади зоны 2 существует единая ЭГГС I типа, и выше по потоку подземных вод касимовского водоносного горизонта в её границах размещены два техногенных объекта — действующий (ЛОС) и рекультивированный (поля фильтрации), содержащие ЗВ коммунально-бытовой сферы. Здесь

нет водозаборов подземных вод, как нет и скважин мониторинга, так что оценить ситуацию в этой ЭГГС не представляется возможным.

Грунтовые воды надъюрского комплекса радиуса влияния полигона ТБО «Кучино» представляют собой ЭГГС I типа с напряженной экологической ситуацией. Учитывая отсутствие зоны аэрации под массивом отходов и тесную гидравлическую связь грунтовых вод с техногенными водами массива (рис. 1), можно предположить, что они имеют близкие состав и свойства. В силу неоднородности литологического строения и несовершенства вреза рек, характера профиля массива отходов максимальные масштабы загрязнения прогнозируются в интервале развития ниже—среднечетвертичного водно-ледникового горизонта. Грунтовые воды предположительно имеют высокие концентрации нитратов, АПАВ, нефтепродуктов, органических загрязнений по БПК₅ и химическому потреблению кислорода (ХПК).

Экологическое состояние ЭГГС II типа (касимовского водоносного горизонта) оценивалось по

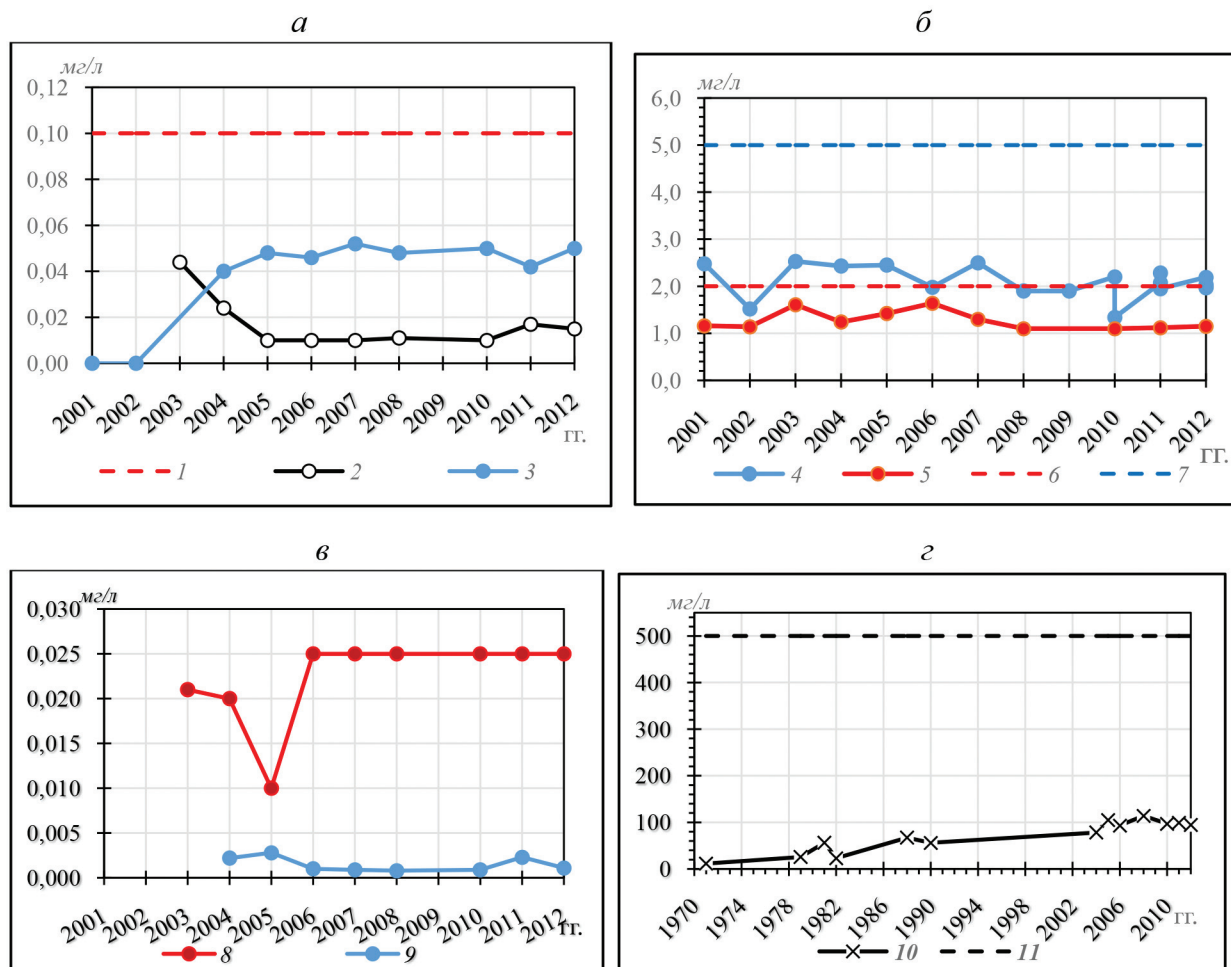


Рис. 3. Изменение показателей состава подземных вод касимовского водоносного горизонта во времени и в сопоставлении с ПДК: а — нефтепродуктов и марганца: 1 — ПДК нефтепродуктов и марганца, 2 — нефтепродукты, 3 — марганец; б — окисляемость по БПК₅ и аммония: 4 — окисляемость, 5 — аммоний, 6 — ПДК аммония, 7 — ПДК окисляемости; в — анионактивных поверхностно-активных веществ и фенольного индекса: 8 — АПАВ, 9 — фенольный индекс; г — сульфатов: 10 — сульфаты, 11 — ПДК сульфатов

результатам разведочных работ, которые выполнялись в этом районе при непосредственном участии автора в 2010—2014 гг. В ходе работ исследовался состав подземных вод, расположенных на расстоянии 300—500 м от полигона ТБО. Оказалось, что показатели состава, характерные для инфильтрата массива отходов, имеют значения, существенно ниже ПДК по СанПиН 2.1.4.-1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества». Изменение концентрации аммонийных соединений, марганца, нефтепродуктов, органических веществ по БПК₅, АПАВ, фенольного индекса во времени и в соотношении с ПДК представлено на рис. 3, а—в. Концентрации нитратов и нитритов имели значения в пределах погрешности анализа, поэтому графически не показаны. Патогенная микрофлора в подземных водах водозаборов не обнаружена.

ЭП касимовского водоносного горизонта в отношении исследованных компонентов здесь составляет (%): аммоний 99, нитриты 100, нитраты 100, нефтепродукты 98, марганец 99, АПАВ 95, фенольный индекс 100, органические вещества по БПК₅ 100, микробиологические показатели — 100. ЭП рассчитан как разность концентраций ЗВ в фильтрате полигона ТБО и наблюдаемых значений в подземных водах, отнесенная к концентрации ЗВ в фильтрате, в процентах. Отметим, что указанный ЭП сохраняется на протяжении более 50 лет (со времени начала эксплуатации всех техногенных объектов, включая полигон ТБО «Кучино»). Учитывая отсутствие временных трендов в изменении показателей (рис. 3, а—в), можно прогнозировать сохранение экологического потенциала касимовского водоносного горизонта на достигнутом высоком уровне в течение не менее 50 лет.

Все рассмотренные выше компоненты элиминируются за счёт процессов микробиологической деструкции в ЭГГС II типа. Макрокомпоненты практически не участвуют в этих процессах, поэтому ЭП по таким показателям более низкий. Это нашло отражение в изменении состава подземных вод касимовского водоносного горизонта в отношении сульфатов (рис. 3, г): отмечается устойчи-

вый рост концентрации с 11 до 114 мг/л в течение 1972—2008 гг. со стабилизацией в 2007—2012 гг. на уровне 100 мг/л, что ниже ПДК в пять раз. ЭП в отношении сульфатов составляет 80% и достигается, по-видимому, за счёт процессов разбавления подземными водами.

Полученные результаты разведочных работ близки к экспериментальным данным по фильтрации доочищенных бытовых сточных вод, изложенным в [1], что позволяет использовать приведенные выше значения экологического потенциала исследованных ЗВ применительно к другим аналогичным ЭГГС.

Выводы

1. Предложенное понятие «экологический потенциал» позволяет количественно оценить устойчивость гидрогеологических систем к техногенному воздействию. Его значение определяется типом эколого-гидрогеологической системы и составом загрязняющих веществ. Для практического использования интервал приведенных в статье значений экологического потенциала в системах одного типа может быть уточнен по мере накопления экспериментальных данных.

2. Массив отходов полигона ТБО «Кучино» представляет собой угрозу загрязнения подземных вод надюрского водоносного комплекса, мониторинг которых обязательно должен быть включен в состав пострекультивационных мероприятий, учитывая, что колодцы и родники, которыми выведены воды комплекса, могут использоваться местным населением в хозяйственных целях.

3. Касимовский водоносный горизонт в районе полигона ТБО «Кучино» характеризуется устойчивым высоким экологическим потенциалом (80—100%), что обеспечивает нормативное качество подземных вод по компонентам-загрязнителям, которые могут поступать со стороны полигона и других техногенных объектов.

4. Учитывая невысокий экологический потенциал ЭГГС I типа и наличие техногенных объектов в зоне 2, необходимо организовать мониторинг касимовского водоносного горизонта.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лисенков А.Б., Фисун Н.В., Малков А.В., Королев И.Б., Иванов А.А. Техногенные процессы в подземных водах (Биосферный подход, диагностика и управление) /Под ред. И.К. Гавич. М.: Научный мир, 2003. 246 с.
2. Пашковский И.С. Принципы оценки защищенности подземных вод от загрязнения // Современные проблемы гидрогеологии и гидрогеомеханики. СПб.: СПбГУ, 2002. С. 122—131.
3. Рекомендации по сбору, очистке и отведению сточных вод полигонов захоронения твердых бытовых отходов [Электронный ресурс]. ФГУП Федеральный центр благоустройства и обращения с отходами, 2003. Дата обновления 01.01.2018. URL: <http://files.stroyinf.ru/Index2/1/4293776/4293776478.htm>. (Дата обращения: 02.03.2018).
4. Румынин В.Г. Геомиграционные модели в гидрогеологии. СПб.: Наука, 2011. 1158 с.
5. Проект рекультивации полигона ТБО «Кучино» [Электронный ресурс]. Закрытое акционерное общество «Спецгеология». URL: <http://tbo-кучино.рф/wp-content/uploads/2017/07/>. (Дата обращения: 02.03.2018).
6. Рекультивируемый полигон твердых бытовых отходов «Кучино». [Электронный ресурс]. URL: <http://wikimapia.org/118902/ru/>. (Дата обращения 03.03.2018).

REFERENCES

1. Lisenkov A.B., Fisun N.V., Malkov A.V., Korolev I.B., Ivanov A.A. *Technogenic processes in groundwater (Biosphere approach, diagnostics and management)*. Editor Gavich I.K. Moscow: The scientific world, 2003. 246 p. (In Russian).
 2. Pashkovskij I.S. Estimation of underground waters protection from pollution. *Modern problems of hydrogeology and hydrogeomechanical*. Saint-Petersburg: Saint Petersburg state University, 2002, pp 122—131. (In Russian).
 3. *Recommendations on the collection, treatment and disposal of waste water landfills solid waste* [Electronic resource]. FGUP Federal centre for improvement and waste management, 2003. Date of update 01.01.2018. URL: <http://files.stroyinf.ru/Index2/1/4293776/4293776478.htm>. (Date of access: 02.03.2018). (In Russian).
 4. Rumynin V.G. *Geologic migration models in hydrogeology*. Saint-Petersburg: Science, 2011. 1158 p. (In Russian).
 5. *Project of reclamation of landfill «Kuchino»* [Electronic resource]. Close corporation «Specgeologiya». URL: <http://тбо-кучино.рф/wp-content/uploads/2017/07/>. (Date of access 02.03.2018). (In Russian).
 6. *Recultivated landfill of solid household waste «Kuchino»*. [Electronic resource]. URL: <http://wikimapia.org/118902/ru/>. (Date of access 03.03.2018). (In Russian).
-

ИЗ ИСТОРИИ НАУКИ

УДК 56 (09)

**ИСТОРИЯ ОТКРЫТИЯ И ОСВОЕНИЯ ИУЛЬТИНСКОГО
ОЛОВЯННО-ВОЛЬФРАМОВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ**

В.В. РОМАНОВА

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

Иультинское месторождение открыто 80 лет назад в неизученном, труднодоступном районе Чукотки. Открытие и освоение месторождения сопровождалось большими трудностями. Приведены краткие биографические данные о первооткрывателе месторождения В.Н. Миляеве. Вступивший в строй в 1959 г. Иультинский горно-обогатительный комбинат в связи с изменением экономической обстановки, в 1994 г. был закрыт. Месторождение законсервировано, посёлок Иультин ликвидирован. В Государственном геологическом музее им. В.И. Вернадского РАН (ГГМ РАН) хранятся образцы касситерита и вольфрамита, отобранные геологами Второй Чукотской экспедиции Главсевморпути в год открытия месторождения.

К л ю ч е в ы е с л о в а: крупное месторождение, музейные коллекции, вольфрамит, касситерит, первооткрыватель, горно-обогатительный комбинат.

DISCOVERY AND DEVELOPMENT OF IULTINSKOYE TIN-TUNGSTEN DEPOSIT

V.V. ROMANOVA

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

The Iultinskoye deposit was discovered 80 years ago in the remote and unexplored region of Chukotka. Discovery and development of the deposit were accompanied by serious difficulties. A brief biographic data about the discoverer of the deposit V.N. Milyaev has been presented here. The Iultinsky mining processing plant, which was opened in 1959, was closed in 1994 due to the changing in the economic situation. The deposit was conserved, Iultinsky village was liquidated. Vernadsky State Geological Museum RAS has samples of cassiterite and wolframite, collected by geologists of the Second Chukotka Glavsevmorput expedition in the year of the deposit discovery.

K e y w o r d s: large deposit; museum collections; wolframite; cassiterite; discoverer; mining processing plant

В 1937 г. в труднодоступном районе Чукотки было открыто крупное Иультинское оловянно-вольфрамовое месторождение. В том же году в Минералогический музей Московского геологоразведочного института (МГРИ) поступили образцы касситерита, вольфрамита и берилла из этого мес-

торождения, переданные геологами Второй Чукотской экспедиции Главного управления Северного морского пути (Главсевморпуть, ГУСМП) Юрием Алексеевичем Одинцом и Ариадной Григорьевной Шпилько. В настоящее время эти образцы, имеющие историческую ценность, хранятся в ГГМ РАН,

образованного на базе Минералогического и Геолого-палеонтологического музеев МГРИ.

Геологи Ю.А. Одинец и А.Г. Шпилько были одними из первых выпускников МГРИ (1931—1932 гг.). До Второй Чукотской экспедиции они работали в золотопоисковых отрядах в Якутии (верховья р. Индигирка), а также на поисках олова в Средней Азии (Туркестанский хребет). Образцы из вновь открытого месторождения, переданные геологами в дар музею, небольшие по размерам, десять из них содержат исключительно касситерит, иногда с незначительной примесью мусковита, скородита и кварца. Касситерит наблюдается в виде целых призматических кристаллов или их фрагментов размером 1—5 см, двойников, сростков плохо образованных зональных кристаллов и зернистых агрегатов. (рис. 1 а, б, в). В двух образцах касситерит присутствует в виде вкрапленности в кварц-мусковитовом агрегате. (рис. 1, г) Цвет минерала от тёмно-бурого до буро-серого, блеск — от алмазного до тусклого. Вольфрамит представлен в трёх наиболее крупных образцах, образует черные пластинчатые выделения в кварце, достигающие в длину 15 см, иногда с тонкой жёлтой корочкой тунгстита (рис. 2), который указан уже в полевых этикетках. Единственный кристалл прозрачного бесцветного берилла (2×1 см) найден А.Г. Шпилько. Берилл здесь встречается крайне редко, тем ценнее эта находка. Обращают на себя внимание крупные размеры рудных минералов, которые хорошо диагностируются визуально, что дало возможность первоот-

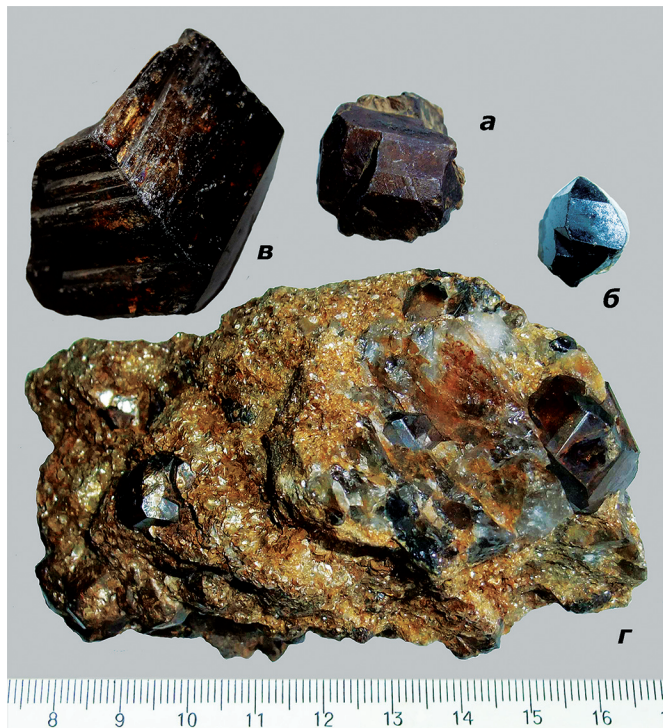


Рис. 1. Касситерит: а — кристалл № МН 28013; б — кристалл № МН 28008; в — двойник № МН 28001; г — кристаллы в кварц-мусковитовом агрегате № МН 28010. Фонды ГГМ РАН; фото И.Л. Сороки



Рис. 2. Вольфрамит с тунгситом. № ГР-04168. Фонды ГГМ РАН, фото И.Л. Сороки

крывателю месторождения В.Н. Миляеву определить главные минералы в первый же день открытия месторождения. Первые образцы касситерита, взятые с поверхности, не всегда отличаются привлекательностью. Позднее Иультинское месторождение славилось красивыми, крупными коллекционными кристаллами касситерита, широко представленными во многих минералогических музеях мира и в частных коллекциях.

В настоящее время в собрании ГГМ РАН хранится представительная коллекция образцов Иультинского месторождения. Небольшая коллекция Ю.А. Одице и А.Г. Шпилько позднее пополнялась в основном сборами студентов и выпускников МГРИ: В.И. Пятнова (геолог Амгуэмской экспедиции ГУСМП, 1939 г.), А.В. Кибец (1963 г.), А.У. Яфарова (1964 г.), Е.А. Кирьянова (1964 г.), Н.И. Романова (1970 г.) Ф.Л. Филипишина (1973 г.), В.С. Чернавцева (1977 г.) и др. Особенно выделяются красотой и представительностью образцы А.У. Яфарова и Ф.Л. Филипишина, а сборы Н.И. Романова — большим числом образцов. Отдельные образцы из этого месторождения представлены в постоянных экспозициях музея, в том числе вольфрамит с тунгситом из коллекции Ю.А. Одице и А.Г. Шпилько.

Иультинское месторождение находится в Чукотском автономном округе в 200 км севернее пос. Эгвекинот. Оно приурочено к юго-восточному экзоконтакту Иультинского гранитного интрузива мелового возраста. Вмещающими породами являются пермско-нижнетриасовые и ниже—среднетриасовые осадочные образования иультинской и амгуэмской свит. Месторождение расположено в надинтрузивной зоне нескрытого штока лейкогранитов — одного из многочисленных выступов крупного массива [7, с. 33].

Ведущим морфологическим типом рудных тел является жильный. Жилы характеризуются различными элементами залегания и сложной морфологией. Их протяженность, как правило, не превышает 50—100 м, реже 200 м, по простиранию и

50—70 м по падению, мощность 0,3—5 м. На месторождение выявлено более 100 рудных тел, размеры которых составляют от первых десятков до 1250 м по простиранию и до 330 м по падению. Установлены также рудоносные грейзены, минерализованные зоны и штокверки [1, с. 206—207].

Месторождение относится к касситерит(вольфрамит)-кварцевой формации. Из рудных минералов наиболее распространены вольфрамит (ферберит) и касситерит, имеющие промышленное значение, а также арсенопирит, являющийся вредной примесью, реже встречаются лёллингит, пирит, пирротин, висмутин, станин, шеелит, сфалерит, галенит и др. Из жильных минералов преобладает кварц и мусковит, отмечается также флюорит, альбит, топаз, берилл и др. Характерными минералами зоны окисления являются скородит, тунгсит, ферритунгсит, лимонит и др. Вольфрамит широко развит в кварцевых жилах в виде крупных (до 20 см) толстотаблитчатых кристаллов. Касситерит, приуроченный к мусковитовым оторочкам кварцевых жил, встречается в виде крупных, хорошо образованных короткопризматических кристаллов, иногда до 10 см в поперечнике, а также отмечается в грейзенах [1, с. 208].

В пределах Иультинского рудного узла выявлен ряд рудопроявлений олова и вольфрама: Тариэльское, Чаантальское, Кекурное и другие, а также сопровождающие их россыпи. В Северном рудном узле, расположенном в 20 км севернее Иультинского находятся месторождения и рудопроявления Светлое, Тенкергинское, Снежное, Солнечное, Северное и их россыпи [7, с. 22—23].

Открытие крупного месторождения в таком удалённом, геологически не изученном районе, было результатом напряженной работы и энтузиазма геологов, и, в меньшей степени, удачи. Открытие Иультинского месторождения имело свою предысторию. История поисков и освоения месторождения сопровождалась большими трудностями и имела трагические страницы.

С началом индустриализации страна остро нуждалась в олове. Своих крупных месторождений не было. Первые экспедиции были направлены на Памир (Туркестанский хребет) и Восточный Казахстан, а также в Забайкалье, где геологи обнаружили небольшие рудопроявления олова.

В начале 1930-х гг. появились первые сведения о находках оловянного камня (касситерита) на Чукотке, представляющей собой в то время «белое пятно». Немногочисленные геологические работы проводились лишь в прибрежной полосе. В 1934 г. геологи полярной станции Главсевморпути у мыса Северный (с 1934 г. мыс Шмидта) В.И. Серпухов и Д.Ф. Байков впервые провели геологические исследования в глубине полуострова. Они отошли от побережья на расстояние свыше 250 км, дойдя до верховьев р. Вульвывеем — верхней части крупной

реки Амгуэма (искаженное чукотское Омваам — «Широкая река»). Работали они в тяжелейших условиях: без транспорта, без карт и топографов, без рабочих и проводников. В своих воспоминаниях В.И. Серпухов писал: «...сделано было немало — исхожена и изучена огромная площадь, выявлены ряд рудопроявлений, а в последние дни в каменной россыпи на одном из притоков реки Телекай Байковым был поднят обломок кварца с крупными кристаллами оловянного камня. Мы не могли детально исследовать этот участок — время поджимало, а возможности были более чем ограничены. Мы твёрдо решили приехать в этот район в следующем году хорошо вооружёнными...» [10, с. 94]. К сожалению, ни В.И. Серпухов, ни Д.Ф. Байков туда больше не вернулись, но в дальнейшем эта находка, «точка Серпухова», стала одним из главных аргументов при организации поисковых работ на олово на Чукотке.

Вторая находка касситерита выявлена в 500 км западнее «точки Серпухова» на побережье Чаунской губы. В образцах геолога С.В. Обручева, собранных в 1934 г. на мысе Валькумей, в 12 км южнее пос. Певек [8, с. 35], при камеральной обработке в 1935 г. геолог М.И. Рохлин под микроскопом обнаружил касситерит [9, с. 25]. В 1936 г. для детализации найденного рудопроявления Всесоюзным Арктическим институтом (г. Ленинград) была организована Первая Чаунская экспедиция, которая установила промышленное значение Валькумейского месторождения. История открытия этого месторождения отражена в двух книгах М.И. Рохлина «Олово Чукотки» и «Там, где были яранги».

Для поисков «точки Серпухова» в 1935 г. Горно-геологическим управлением Главсевморпути (г. Москва) была сформирована Вторая Чукотская экспедиция, которую возглавил М.Ф. Зяблов — начальник Горно-геологического управления ГУСМП. Экспедиция была хорошо снаряжена и организована, в её состав кроме М.Ф. Зяблова входили три геолога (Ю.А. Кремчуков, С.В. Культиасов, М.Д. Бритаев), топографы, рабочие различных специальностей, всего около 50 человек, имелись вездеходы, катер. Кроме того, за экспедицией был закреплён самолёт У-2 Чукотской авиагруппы Главсевморпути, которая размещалась на мысе Шмидта. Было решено, что Вторая Чукотская экспедиция будет базироваться в заливе Креста, (рис. 3) на южном побережье Чукотского п-ова, где полярное лето и навигация продолжаются на месяц больше, чем у мыса Шмидта. Следует подчеркнуть значение авиации для работы экспедиции. Отважные молодые лётчики, которые только начинали знакомиться с тяжёлыми условиями полётов в Заполярье, работали героически. Пилоты В.С. Богданов (в 1935 г.), М.Н. Каминский (в 1936 г.) и Г.И. Катюхов (в 1937 г.) летали без связи и аэродромов, сажали самолёты на косы, террасы, выровненные



Рис. 3. Схематическая карта района работ Второй Чукотской экспедиции Главсевморпути.

участки склонов и, что было особенно важным, преодолевали высокий и скалистый хребет Искатень, который находился между базой экспедиции в заливе Креста и долиной р. Амгуэма. М.Н. Каминский писал: «В наши дни полёт без радиосвязи, без обеспечения полёта погодой и аэродромом — лётное преступление, а тогда иначе и летать было нельзя» [6, с. 295]. С помощью авиации экспедиция М.Ф. Зяблова исследовала огромную площадь, почти весь бассейн р. Амгуэма, выявила небольшие рудопоявления полиметаллов, молибдена, мышьяка, но «точку Серпухова» найти не удалось.

Осенью 1936 г. все первые участники экспедиции отбыли в Москву, а на смену им доставили новый состав: начальник экспедиции Ю.А. Одинец, геолог А.Г. Шпилько, начальник поискового отряда В.Н. Миляев, топограф В.И. Ганешин и рабочие, всего 15 человек. На этом заканчивается предыстория открытия Иультинского месторождения.

В настоящее время достоверно известно, как и кем было открыто Иультинское месторождение. Открыл его 6 июля 1937 г. Владимир Николаевич Миляев. В 1944 г. он погиб во время Великой Отечественной войны. Долгое время В.Н. Миляев официально не считался первооткрывателем Иуль-

тинского месторождения. Лишь в 1976 г., почти через 40 лет после открытия, дочери В.Н. Миляева был вручён диплом и нагрудный знак «Первооткрыватель месторождения» и премия за открытие Иультина. До 1980-х гг. обстоятельства открытия месторождения в некоторых изданиях разнились. В воспоминаниях отдельных авторов (М.И. Рохлин, М.Н. Каминский, Ю.А. Одинец) имелись неточности. Достоверные данные об открытии Иультинского месторождения были обнаружены Германом Борисовичем Жилинским (1914—1990) в личном дневнике самого В.Н. Миляева, который вёл его в 1936—1937 гг., работая во Второй Чукотской экспедиции. Вдова и дочь В.Н. Миляева бережно хранили его, как единственную памятную вещь геолога. Г.Б. Жилинский, который сам некоторое время работал на Иультине и лично был знаком с В.Н. Миляевым в студенческие годы, собирая данные об открытии и освоении Иультинского месторождения, нашёл в дневнике описание маршрута, в котором оно было открыто. Он написал небольшую, но яркую книгу о судьбе В.Н. Миляева и его открытии — «Оловянные горы геолога Миляева», которая вышла в 1985 г. в Магаданском книжном издательстве.

Приведём краткую биографию геолога В.Н. Миляева (1906—1944) (рис. 4). Он родился в 1906 г. в г. Бийске Алтайского края. В 1910 г. семья переехала в Казахстан, в г. Верный (ныне г. Алма-Ата). После окончания школы В.Н. Миляев семь лет проработал в экспедиции Геолкома, которая проводила в 1927—1933 гг. геологические исследования на юге Казахстана, в Голодной степи. За эти годы, не имея геологического образования, он стал хорошим геологом-практиком. Руководил экспедицией ленинградский геолог Д.И. Яковлев. В своих воспоминаниях он писал: «... в становлении В.Н. Миляева, как геолога, первостепенную роль играли его трудолюбие, настойчивость, а также наблюдательность», и далее «...могу гордиться достижениями Владимира Николаевича Миляева в геологии, которого всегда считал самым способным своим учеником» [2, с. 32]. По свидетельству А.И. Бортникова, друга В.Н. Миляева, работавшего с ним в той же экспедиции, Д.И. Яковлев называл его геологом-самородком и доверял ему выполнение довольно сложных заданий [3, с. 25].

В 1933 г. В.Н. Миляев поступил на второй курс новообразованного Казахского геологоразведочного института в Семипалатинске. Прочувшись один курс и пройдя летнюю практику, он оставил институт и уехал в Москву. Поступив на работу в Таджикско-Памирскую экспедицию, он оказался на Памире, где занимался поиском и разведкой оловорудных месторождений. Геолог Л.И. Лукин вспоминал: «...работал он буквально не щадя своих сил, выполнял самые тяжелые поисковые маршруты, преодолевая головокружительные высоты руку об руку с такими опытными альпинистами, как Крыленко и братья Абалаковы, которые нам тогда помогали. На счету у Володи не одно вновь открытое оловорудное тело в Туркестанском хребте» [3, с. 38].

Весной 1936 г., когда Таджикско-Памирская экспедиция была ликвидирована, В.Н. Миляев был приглашён на работу в Горно-геологическое управление Главсевморпути на должность начальника поискового отряда Второй Чукотской экспедиции. Летом 1937 г. ему посчастливилось открыть крупное оловянно-вольфрамовое месторождение. В 1938—1939 гг. В.Н. Миляев участвовал в разведке найденного им месторождения. В 1940 г. он выехал на полевые работы на Дальний Восток в Донскую экспедицию треста «Золоторазведка» Наркомцветмета.

Великая Отечественная война настигла В.Н. Миляева в Казахстане. В ноябре 1941 г. он был мобилизован и направлен на курсы лейтенантов, летом 1943 г. отправлен на фронт. Пройдя с боями Украину от Харькова до Тирасполя, полк, в котором воевал В.Н. Миляев, вступил на территорию Румынии, а затем Венгрии, участвовал в освобождении Будапешта. В.Н. Миляев погиб 7 декабря 1944 г.



Рис. 4. Владимир Николаевич Миляев (1906—1944) — первооткрыватель Иультинского месторождения [3]

недалеко от венгерского г. Эгер и похоронен в братской могиле вместе с десятью советскими солдатами.

Но вернёмся на Чукотку. Новый состав Второй Чукотской экспедиции прибыл в залив Креста в конце августа 1936 г. и разместился на уже построенной базе в бухте Оловянной, названной так геологами предыдущего состава. В одном из первых обзорных полётов в низовье р. Амгуэма (более 150 км от базы) во время посадки ниже впадения в неё р. Экитыки, Ю.А. Одинец отобрал из речных отложений несколько шлиховых проб, в которых оказались «знаки» золота и тяжелых минералов. Вернувшись на базу, он распорядился выйти в маршрут поисковому отряду с заданием успеть до зимы обследовать долину р. Амгуэма до устья. В состав отряда вошли начальник отряда В.Н. Миляев, В. Ганешин (топограф) и Р. Фарифьянов (промывальщик). Сборы продолжались менее часа, и весь отряд был заброшен самолетом на место, где были отобраны пробы. Ю.А. Одинец предупредил их, что вблизи устья р. Амгуэма есть полярная станция, куда за ними прилетит самолёт. Такое поспешное и необдуманное решение, без знания природных условий Севера, едва не стоило жизни всему отряду. В начале сентября в тех местах резко начинается зима с сильными снегопадами и ураганными ветрами. 11 сентября отряд начал работу, а 14 сентября погода резко ухудшилась. В своем дневнике В.Н. Миляев записал: «20 сентября. Сильный норд с утра. Иногда снег. Топосъёмку вести невозможно. Плыть на лодке по реке в такой ветер нет никакой возможности: несет против течения и захлестывает волной» [3, с. 63]. Прекратив работы, оставив лодку, часть вещей, инструментов и продовольствия, они пошли к полярной станции

пешком. 1 октября отряд добрался до устья р. Амгуэма, пройдя около 70 км. Обещанной полярной станции они не обнаружили, продукты к тому времени почти кончились. Отряд повернул на восток к с. Ванкарем (около 80 км), шли по побережью, обгибая лагуны. 8 октября дошли до с. Ванкарем, где смогли связаться по радио с базой в заливе Креста, и только 14 ноября отряд вылетел на мыс Шмидта. 26 ноября, в первый летный день, оставив тяжело заболевшего Р. Фарифьянова в больнице, наконец, прилетели на базу в бухту Оловянную. Так закончился первый полевой сезон поискового отряда.

Весной 1937 г. отряды Ю.А. Оди́нца и А.Г. Шпи́лько были заброшены самолётами в верховья р. Эки́тыки на поиски «точки Серпухова». Отряд В.Н. Ми́ляева на вездеходе, а затем сплавом по р. Амгуэма, добрался до устья р. Эки́тыка, где организовал временную базу. В задачи отряда входило исследование бассейна р. Эки́тыка, продвигаясь вверх по течению до соединения с другими отрядами. 22 июня вышли в первый маршрут. Проработав два дня вблизи временной базы, В.Н. Ми́ляев изменил первоначальный план работ отряда и решил исследовать участок левобережья р. Амгуэма, где осенью прошлого года были отобраны пробы с золотом. Планомерно и внимательно изучая район северо-восточнее и севернее устья р. Эки́тыки и переходя через водораздел в верховья реки, текущей на север, В.Н. Ми́ляев 6 июля у подножья склона обнаружил развалы крупных кварцевых глыб с оловянным камнем (касситеритом) и вольфрамитом. Поднявшись по крутому склону до вершины горы, он увидел, что развалы кварцевых жил с крупными выделениями рудных минералов, наблюдаются по всему склону и понял, что найдено крупное и богатое месторождение. Он записал в тот день в дневнике: «Месторождение в левом борту распадка недалеко от слияния ручьев водосборной воронки широкой долины. Оловянный камень, вольфрамит, арсенопирит, шеелит, висмутин? Мусковитовая оторочка вдоль зальбандов кварцевых жил, жилы грейзена. Пластовые, секущие. Описание месторождения в общей тетради и в дневнике отряда на странице 62 ...» [3, с. 78—79]. На странице 62 дневника объясняется происхождения названия месторождения. В.Н. Ми́ляев писал, что «Иультин» в переводе с чукотского языка означает «длинные перья». «Возможно — отмечал он — что чукчи дали это название за длинные кварцевые жилы, расположенные на склоне горы Иультин» [3, с. 81].

Об открытии месторождения сообщили Ю.А. Оди́нца, в Москву отправили сообщение с просьбой направить в залив Креста хорошо оснащённую разведочную экспедицию. Все отряды собрались для изучения месторождения. Ю.А. Оди́нец вспоминал: «В результате было оконтурено рудное поле Иуль-

тина, выявлено более сорока рудных тел, взяты технические пробы, опробована оловянно-вольфрамовая россыпь в Рудном распадке и в долине, попутно добытая руда переправлена к месту погрузки на пароход» [3, с. 84]. Работы продолжались до конца августа, пока не выпал снег. Вся экспедиция возвращалась на базу в заливе Креста пешком, пройдя более 200 км, так как самолёты Чукотской авиагруппы были отозваны для поиска самолёта С.А. Леваневского, совершавшего беспосадочный перелёт в Америку. Все сотрудники несли на своих плечах груз до 60 кг, дошли до базы за 12 дней. Отметим, что в рюкзаках были, в том числе, и образцы, которые геологи передали в том же году в Минералогический музей МГРИ.

Осенью 1937 г. в залив Креста прибыл корабль с новым составом Второй Чукотской экспедиции. В него входили геологи М.И. Чаплыгин, В.А. Шашко и рабочие, позже из другой экспедиции были переведены геологи А.П. Никольский и Г.Г. Володенков. С новой сменой прибыла техника, необходимая для проведения разведки: компрессор, буровой станок, трактор, вездеход, аэросани и др.

С огромными трудностями весной 1938 г. на трёх тракторах оборудование и рабочие были доставлены на месторождение. Транспортная колонна провела в пути два месяца. Большая заслуга при транспортировке грузов принадлежала Г.Г. Володенкову. В 1938 г. было пройдено несколько шурфов, которые обнаружили мощную кварцевую жилу с богатым оруденением. А.П. Никольский, который занимался геологической съёмкой в окрестностях Иультина, попутно открыл Северное оловянно-вольфрамовое рудопроявление.

В 1938 г. для разведки на Иультинском месторождении была организована новая Амгуэмская (Чукотская) экспедиция ГУСМП. Ее возглавлял А.А. Девяткин, геологами были Г.А. Кремчуков, В.Н. Ми́ляев, работавшие ранее во Второй Чукотской экспедиции, а также В.И. Пятнов и Н.Ф. Григорьев. Эта экспедиция направлялась уже не через залив Креста, а через косу Двух Пилотов, находившуюся на северном побережье Чукотки, в устье р. Амгуэма. Коса была названа в честь двух американских полярных лётчиков, разбившихся здесь в 1929 г. Предполагалось, что добраться до месторождения с севера будет легче, расстояние сокращалось до 70—80 км, отсутствовали крутые горные перевалы и крупные реки. Впоследствии оказалось, что это решение было ошибочным, так как из-за мелководья разгрузку морских судов здесь можно было проводить только далеко на рейде, а сильные северные ветры часто нагоняли льды, которые плотно окружали корабли, препятствуя разгрузке.

Амгуэмская экспедиция была также хорошо снаряжена. Н.Ф. Григорьев вспоминал: «Что касается снаряжения, то оно действительно было пре-

красным. Мы получили новые тракторы, сборные щитовые домики, даже палатки были точно такими, как у летчиков, высаживавших отважную четверку папанинцев на Северный полюс и много другое, чего не было в прежних северных экспедициях» [3, с. 100]. Осенью 1938 г. экспедиция прибыла к косе Двух Пилотов и, оставив большую часть грузов на косе, успешно достигла Иультина. Зимой 1938—1939 гг. на месторождение из-за экстремальных погодных условий (ураганный ветер, снежные заносы и др.) и недостатка транспортных средств, которые должны перевозить грузы с косы Двух Пилотов, сложилась тяжелейшая обстановка. Горные работы практически прекратились, в пургу погибло двое рабочих. Прилетевшие на помощь самолёты сбрасывали бочки с топливом, мешки с продовольствием и тёплой одеждой. Местные жители из с. Ванкарем оказывали помощь, привозя на собачьих упряжках тёплую одежду. Подобные трудности снабжения и самого существования людей на месторождении продолжались почти десять лет, пока не была построена дорога от залива Креста до Иультина.

В 1939 г. Амгуэмская экспедиция была передана из системы ГУСМП в Дальстрой. Работы на Иультинском месторождении продолжали геологи Чаун-Чукотского РайГРУ (Районное геологоразведочное управление), которое располагалось в пос. Певек, в 600 км от Иультина. Появились первые рабочие из заключенных. В 1939—1940 гг. всеми работами на месторождении руководил геолог М.И. Ваганов. Проходка штолен велась вручную. С начала 1940 г. подземные работы были приостановлены, разведка продолжалась лишь канавами. Был проведён оперативный подсчет запасов. Месторождение признано перспективным и требующим детальной разведки.

Во время Великой Отечественной войны 1941—1945 гг. все разведочные работы на Иультине проводились без государственных ассигнований, только за счёт попутной добычи оловянно-вольфрамового концентрата, поэтому разведка проходила в основном на наиболее богатых участках. Осенью 1943 г. был организован рудник Иультин, который возглавил геолог Н.С. Лычкин, до этого работавший на Валькумейском месторождении. Все необходимое для рудника доставлялось морем из Певека до косы Двух Пилотов. Интересный факт, свидетельствовавший о характере доставки грузов, приводит Г.Б. Жилинский. Во время разгрузки начался шторм. На борту судна оставались многочисленные бочки с горючим. Капитан, рискуя потерять корабль, предупредил, что если шторм не прекратится, то через 24 ч. судно уйдет во Владивосток. «И тогда — пишет Г.Б. Жилинский — Лычкин решился на отчаянный шаг. Он дал указание сбросить бочки с горючим прямо за борт, в море, рассчитывая, что ветер и волны выбросят их

на берег. Решение было очень смелым и ответственным. В условия военного времени за потерю даже одной бочки горючего полагалось строгое наказание. Капитан это понимал и не стал выполнять указание без письменного распоряжения. Лычкин такое распоряжение подписал» [2, с. 117]. Бочки были сброшены в море. Через несколько дней, когда шторм утих, Н.С. Лычкин не нашёл бочек на берегах косы Двух Пилотов, только на следующий день все пятьсот бочек были обнаружены на берегу другой косы, расположенной восточнее устья р. Амгуэма.

Кроме разведки и попутной добычи рудного концентрата на самом месторождении продолжались съёмочные и поисковые работы в его окрестностях. Так, в 1943—1944 гг. в ходе съёмочных работ геолог Любовь Михайловна Шульц в 20 км севернее Иультина открыла оловянно-вольфрамовые месторождение Светлое и рудопроявление Солнечное. В 1943 г. Г.Б. Жилинский и М.Г. Гусев провели обобщение всех материалов и подсчёт запасов Иультинского месторождения, а также составили объяснительную записку по состоянию на конец 1943 г. В ней, по мнению Г.Б. Жилинского, «...впервые совершенно ясно и четко раскрывались огромные перспективы промышленного освоения Иультинского месторождения. Эти материалы явились основанием для принятия в 1946 г. Дальстроем смелого решения о незамедлительном начале строительства Иультинского горно-обогатительного комбината и об организации Чукотстроя» [2, с. 178].

1 марта 1946 г. вышло постановление правительства о вводе в эксплуатацию Иультинского оловянно-вольфрамового месторождения, для чего было организовано новое Чукотское строительное управление Дальстроя — Чукотстрой. В задачи Чукотстроя входило строительство Иультинского горно-обогатительного комбината (ИГОКа), дороги от залива Креста до Иультина длиной более 200 км, морского порта, электростанции, ЛЭП и посёлка на западном берегу бухты Эгвекинот.

16 июля 1946 г. в залив Креста вошел пароход «Советская Латвия» с первыми чукотстроевцами — вольнонаёмными и заключёнными. Главным объектом строительства была автодорога, которая являлась жизненно необходимой для освоения такого удаленного и труднодоступного месторождения. Сроки строительства дороги были очень сжатыми, условия работ — самые тяжёлые, орудия труда — лопата, лом, кайло, тачка. За первый год было построено 87 км дороги, а в 1950 г. трасса была сдана в эксплуатацию. Через р. Амгуэма построен сначала понтонный мост, затем организована паромная переправа (на 174 км дороги), постоянный мост был построен в 1965 г. В 2014 г. в п. Эгвекинот был поставлен памятник «Строителям автомобильной дороги Эгвекинот — Иультин. 1946—1950», где изображены фигуры двух заключённых с кайлом и

тачкой. В своих воспоминаниях [4, с. 47]. Г.Б. Жилинский писал, что первая послевоенная партия заключённых состояла в основном из «провинившихся» фронтовиков и молодых ребят, совершивших незначительные проступки и осуждённых на небольшие сроки. Впоследствии многие из них после освобождения работали в Чукотстрое, в том числе и в геологических партиях. Показательна судьба П.З. Акиншина [4, с. 65]. В 17 лет он был осуждён «за колоски» и попал в 1946 г. в залив Креста с первой партией заключённых, работал на строительстве автодороги и морского порта. В конце 1947 г. он освобождён и устроился рабочим в геологическую организацию. Начав работать коллектором в сезонных партиях, затем участвовал в разведке Иультинского месторождения. Постепенно с помощью опытных геологов он освоил новые виды работ и стал хорошим рудничным геологом. Будучи главным геологом Иультина, П.З. Акиншин закончил Магаданский политехникум. Он много лет возглавлял геологическую службу Иультинского, а затем Карамкенского ГОКов, награждён несколькими орденами и почетным знаком «Ветеран золотоплатиновой промышленности» I степени.

При Чукотстрое был организован Геологоразведочный отдел (ГРО), который базировался в п. Эгвекинот. В 1947—1950 гг. отдел возглавлял Г.Б. Жилинский. ГРО занимался всеми геологическими работами, ему был передан и Иультинский разведрайон особой категории. Зимой 1946—1947 гг. месторождение оказалось в трагическом положении. Жители Иультина, не имея ни продовольствия, ни топлива, были вынуждены послать в эфир сигнал «SOS». Помощь пришла не сразу, мешала непогода. Опять, как восемь лет назад, продовольствие и топливо сбрасывались с самолётов. В довершение ко всему в разведочном поселке случился пожар, в котором погиб геолог А.П. Щербатов.

Вскоре работы возобновились. В 1947—1950 гг. рудное поле месторождения было покрыто детальной съёмкой масштаба 1:2000, что дало возможность составить генеральный проект разведочных работ. Г.Б. Жилинский и И.Н. Любимцев провели подсчёт запасов месторождения на 1.01.1950 г., который впервые был утверждён ГРУ Дальстроя и представлен на утверждение во Всесоюзную комиссию по запасам. Общие запасы увеличились по сравнению с 1940 г. почти на 300%, разведана также крупная и богатая россыпь в долине р. Иультин.

В 1947—1950 гг. проводились съёмочные и поисковые работы не только вокруг Иультина, но и на обширной площади восточнее и севернее залива Креста. В 1948 г. была организована Телекайская партия, которую возглавляла Л.М. Шульц. В задачи партии входили и поиски «точки Серпухова». К сожалению, эта точка опять не была найдена, но

была обнаружена уникальная реликтовая роща чозении (ива корейка) в долине р. Левый Телекай, находящаяся на 150 км севернее полярного круга.

В 1952 г. на 13-м км автодороги была построена электростанция, возник посёлок энергетиков Озерный, год спустя пущена в строй ЛЭП до Иультина.

В 1953 г. была образована Магаданская область, в которую вошёл Чукотский национальный округ и вновь образованный Иультинский район с центром в пос. Эгвекинот. Посёлок горняков Иультин получил статус поселка городского типа. Таким образом, освоение Иультинского месторождения дало Чукотке три новых посёлка: Эгвекинот, Иультин и Озёрный.

После упразднения Чукотстроя в 1956 г. в пос. Эгвекинот осталась база геологов. В 1961 г. там была образована Восточно-Чукотская комплексная экспедиция (ВЧКЭ), а позднее — ВЧГРЭ, которая просуществовала до 1994 г. В 1970-х гг. геологи ВЧКЭ проводили съёмочные и поисковые работы масштаба 1:50000 в бассейне р. Чанталъ-вэгыргын, в том числе в долине р. Телекай, где в 1934 г. В.И. Серпухов и Д.Ф. Байков нашли обломки кварца с крупными кристаллами касситерита. В ходе работ геологами ВЧКЭ в этом районе были выявлены несколько рудопроявлений олова касситерит-силикат-сульфидной формации [7, с. 21], для которой характерны относительно мелкие зерна касситерита. Не смотря, казалось бы, на подробную первоначальную привязку, которую привели авторы в своем отчёте, «точку Серпухова» так и не удалось обнаружить. Карта, которая составлялась глазомерным методом, оказалась неточной.

В 1959 г. состоялся пуск Иультинского горно-обогатительного комбината. С 1964 г. ИГОК стал рентабельным. За 40 лет существования (1953—1994 гг.) комбинатом было добыто 52 тыс. т олова в концентрате и 71 тыс. т вольфрамового промпродукта [5, с. 305].

Посёлки Иультинского района расширялись и благоустраивались. В 1970—1980 гг. в каждом посёлке строились новые многоэтажные жилые дома со всеми удобствами, имелись клубы, библиотеки, школы, детские сады, различные магазины. В Иультине был построен свой профилакторий, в Озёрном — бассейн, тепличный комплекс, в Эгвекиноте построены Дворец спорта, горнолыжная база, основан краеведческий музей и многое другое.

С началом перестройки из-за резкого удорожания транспортных услуг и понижения цен на олово на мировом рынке добыча олова и вольфрама на Чукотке стала убыточной. В 1994 г. ИГОК прекратил добычу. Месторождения Иультин и Светлое были законсервированы, пос. Иультин закрыт в связи с ликвидацией градообразующего предприятия, ВЧГРЭ была ликвидирована. Началось массовое расселение людей. Некоторые иультинцы переселялись в Эгвекинот, но большинство уезжало

«на материк», в центральные районы страны. История освоения Иультина знала много трагических страниц, закрытие ИГОК и посёлка стало последней трагедией для большинства иультинцев. Люди уезжали поспешно, часто оставляя все имущество, не было денег из-за долгов по зарплате. К тому же в 1994 г. в половодье был разрушен мост через р. Амгуэма и жители посёлка до зимы были отрезаны от пос. Эгвекино́т. Несмотря на официальное закрытие, отключение электроэнергии, тепла и водоснабжения, небольшая группа жителей посёлка, в основном тех, кому некуда было выезжать, жила в поселке до конца 1990 гг. Некогда процветающий центр добычи олова и вольфрама, где в 1989 г. проживало более 5 тыс. человек, был брошен и превратился в один из посёлков-призраков.

В заключение следует еще раз подчеркнуть, что открытие и освоение Иультинского месторождения сопровождалось огромным напряжением сил геологов, горняков, строителей. На территории Чукотки возникли новые посёлки, дороги, морской порт, промышленные предприятия, выявлены новые рудопроявления и россыпи олова, вольфрама и золота. Пос. Иультин ликвидирован, но

остался Иультинский район, названный в честь Иультинского месторождения, а также пос. Эгвекино́т, который в настоящее время превратился в красивый и удобный посёлок, один из лучших на Чукотке. Хотелось бы, что бы напряжённый труд, вложенный в освоение этого края, не пропал. В недрах Иультинского района хранятся еще много уже найденных и еще не открытых богатств. С изменением экономической обстановки, кроме сегодняшней добычи золота, возможно, возродится и разработка оловянных и оловянно-вольфрамовых месторождений. Хотелось бы, чтобы в памяти современных жителей сохранились имена первопроходцев, которые ценой огромного труда, а иногда и жизни, дали этому району новое развитие. Богатый исторический материал (фотографии, воспоминания, переписка, личные вещи первопроходцев) хранится в Эгвекино́тском и Магаданском краеведческих музеях. Здесь же представлены коллекции руд с Иультинского месторождения, а в Москве, в ГГМ РАН можно увидеть первые образцы касситерита и вольфрамита, отобранные 80 лет назад геологами Второй Чукотской экспедиции Главсевморпути, в год открытия месторождения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Геология оловорудных месторождений. Т. 2. Кн. 1. М.: Недра, 1986. 429 с.
2. Ж и л и н с к и й Г.Б. Следы на Земле. Магадан: Магаданское кн. изд-во, 1975. 207 с.
3. Ж и л и н с к и й Г.Б. Оловянные горы геолога Миляева. Магадан: Магаданское кн. изд-во, 1985. 125 с.
4. Ж и л и н с к и й Г.Б. Тернистые пути к недрам горы. М.: Тип. ФНПР, 2001. 91 с.
5. Иультинскому району — 60 лет. М.: ООО Издательский дом «Золотое Перо», 2013. 439 с.
6. Ка м и н с к и й М.Н. В небе Чукотки. М.: Молодая гвардия, 1973. 366 с.
7. Козлов В.Д., Дудкинский Д.В., Элиас Ю.К. Геохимия и рудоносность гранитоидов Центральной Чукотки. М.: Наука, 1995. 202 с.
8. О б р у ч е в С.В. По горам и тундрам Чукотки. Экспедиция 1934–35 гг. Магадан: Магаданское кн. изд-во, 1974. 238 с.
9. Р о х л и н М.И. Чукотское олово. Записки геолога — участника первых экспедиций на Чукотке. Магадан: Магаданское кн. изд-во, 1959. 76 с.
10. С е р п у х о в В.И. Исходная точка. Страницы воспоминаний // Альманах «На Севере Дальнем». 1980. № 2. С. 89–98.

REFERENCES

1. *Geologija olovorudnyh mestorozhdenij* [Geology of tin deposits], v. 2, b. 1, Moscow, Nedra (Publ.), 1986, 429 p. (In Russian)
2. Zhilinskij G.B. *Sledy na Zemle* [Footprints on Earth]. Magadan, Magadanskoye knizhnoye izdatel'stvo (Publ.), 1975, 207 p. (In Russian)
3. Zhilinskij G.B. *Olovyannye gory geologa Milyaeva* [Tin mountains of the geologist Milyaev]. Magadan, Magadanskoye knizhnoye izdatel'stvo (Publ.), 1985, 125 p. (In Russian)
4. Zhilinskij G.B. *Ternistye puti k nedram gory* [Thorny roads to the bowels of the mountain]. Moscow, tip. FNPR (Publ.), 2001, 91 p. (In Russian)
5. *Iul'tinskomu rajonu — 60 let* [Iultinsky district — 60 years]. Moscow, Izdatel'skij dom «Zolotoe Pero» (Publ.), 2013. 439 p. (In Russian)
6. Kaminskij M.N. *V nebe Chukotki* [In the sky of Chukotka]. Moscow, Molodaja gvardija (Publ.), 1973. 366 p. (In Russian)
7. Kozlov V.D., Dudkinskij D.V., Jel iass Ju.K. *Geohimija i rudonosnost' granitoidov Central'noj Chukotki* [Geochemistry and ore-bearing granitoids of Central Chukotka]. Moscow, Nauka (Publ.), 1995. 202 p. (In Russian)
8. Obrucev S.V. *Po goram i tundram Chukotki. Jekspedicija 1934–35 gg.* [On the mountains and tundras of Chukotka. Expedition 1934–35 years] / Magadan, Magadanskoye knizhnoye izdatel'stvo (Publ.), 1974, 238 p. (In Russian)
9. Rohlin M.I. *Chukotskoe olovo. Zapiski geologa — uchastnika pervyh jekspedicii na Chukotke* [Tin of Chukotka. Notes of a geologist participating in the first expeditions in Chukotka]. Magadan, Magadanskoye knizhnoye izdatel'stvo (Publ.), 1959, 76 p. (In Russian)
10. Serpuhov V.I. *Ishodnaja tochka. Stranicy vospominanij* [The starting point. Memories pages. Al'manah «Na Severe Dal'nem — Almanac «In the Far North», 2008, no 2, pp. 89–98.

У ИСТОКОВ БИОСТРАТИГРАФИИ (К 250-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ ВИЛЬЯМА СМИТА)

И.А. ЩЕГЛОВ, Ф.Ф. АХУНОВ, Р.У. ЕРЕМЕНКО, В.Н. КОМАРОВ

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

Показано, что главная сторона деятельности В. Смита — геологическое картирование, запечатлена в серии составленных им карт, и прежде всего в «Карте слоёв Англии и Уэльса». Слои были для В. Смита объектом, который можно откартировать. Его стратиграфические таблицы представляют собой перечни стратонов, систематизированных в порядке их залегания и происхождения. В. Смит установил общую последовательность 34 слоёв Англии и Уэльса, наиболее дробно расчленив отложения, выделенные впоследствии в юрскую систему. Ископаемые остатки В. Смит рассматривал как характерные признаки картирующихся слоёв. Именно сочетание качеств талантливого геолога — картировщика и коллекционера окаменелостей позволило сделать знаменитый вывод о том, что каждый пласт включает ископаемые остатки, типичные именно для него. В. Смит показал специфику и постоянство палеонтологической характеристики различных слоёв, предопределив возможность их распознавания и отождествления и создав основу для развития биостратиграфического метода и исторической геологии в целом. Приведены краткие сведения из биографии ученого.

К л ю ч е в ы е с л о в а: Вильям Смит; ископаемые остатки; геологическое картирование; биостратиграфия.

AT THE BEGINNING OF THE BIOSTRATIGRAPHY (TO THE 250TH ANNIVERSARY OF THE BIRTHDAY OF WILLIAM SMITH)

I.A. SHCHEGLOV, F.F. AKHUNOV, R.U. EREMENKO, V.N. KOMAROV

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

The main side of the W. Smith's work — geological mapping — has been shown to be expressed in the series of maps, created by him, and first of all in the «Map of layers of England and Wales». The layers represented for Smith an object for mapping. His stratigraphic tables constitute the lists of strata, systemized in the order of their bedding and origin. W. Smith discovered a general sequence of 34 layers of England and Wales, in more details separated the deposits, substracted later in the Jurassic system. Fossils were considered by W. Smith as specific features of layers, being mapped. The very combination of the characteristics of talented geologist — map-maker und collector of fossils — allowed making the famous conclusion that every layer contained the fossils, typical exactly for it. W. Smith showed the specifics and continuity of paleontological characteristics of different layers, predefined the oportunity of their recognition and identification and designed the base for the development of biostratigraphic method and historical geology in a whole. The short biographic data for Smith has been given.

Key words: William Smith; fossils; geological mapping; biostratigraphy.

В 2019 г. исполняется 250 лет со дня рождения Вильяма Смита — выдающегося английского естествоиспытателя, вдумчивого инженера, труды которого способствовали возникновению биостратиграфии [1—28].

Специфика направленности деятельности В. Смита определилась в процессе изысканий, необходимых для удовлетворения потребностей угледобывающей промышленности Англии. Начальный, наиболее результативный период работы В. Смита как

геолога-стратиграфа, относящийся к 90-м гг. XVIII в., был связан с непосредственной работой на угольных копях и прокладкой каналов. Главным объектом его внимания стали отложения мезозоя, в первую очередь юрские толщи, развитые в юго-западной части куэстового района равнинной Англии, в пределах которого он вырос и где прошли первые годы его трудовой деятельности.

В. Смит родился 23 марта 1769 г. в семье фермера в графстве Оксфордшир. Рано потеряв отца, он воспитывался у дяди в местности, где можно было без труда найти самые различные окаменелости, которые служили детворе игрушками, по всевозможным поводам использовались в домашнем обиходе и с детства вызвали интерес В. Смита. С самого раннего возраста у него разгорелась страсть к коллекционированию фоссилий.

Школьное образование В. Смита ограничилось обучением в сельской приходской школе. Все остальные свои знания он приобрёл самостоятельно. Ещё в детстве у В. Смита определилась склонность к техническим занятиям, и сформировалось решение стать инженером-землемером. С 14 лет он начинает чертить, заниматься математикой и геометрией и в 18 лет по своей инициативе становится помощником землемера, инженера-практика Э. Вебба. Сопровождая своего наставника, курировавшего работы в различных районах Юго-Западной Англии, В. Смит пересёк район юрских куэст графств Оксфордшир и Глостершир, познакомился с областью развития красных мергелей триасового возраста Мидленда — равнины на юге Англии в графстве Йоркшир, посетил тоннель канала, соединяющего реки Северн и Темзу.

С 1791 г. В. Смит начинает самостоятельно работать на угольных копях Сомерсетского угольного бассейна, недалеко от г. Бат — главного города графства Сомерсетшир. Двухлетняя работа в районе угольных копей способствовала развитию у В. Смита важных геологических представлений и практических инженерно-технических навыков. Работая на копях, В. Смит получил уникальную возможность делать подземные наблюдения и устанавливать основные закономерности залегания угольных пластов и перекрывающих их красных мергелей. Опираясь на эти наблюдения, В. Смит создал интересную геологическую модель изученного им угольного района, которая должна была, по его мнению, способствовать более рациональной разработке угольных пластов. В ходе работ на угольных копях В. Смит прекрасно зарекомендо-



Вильям Смит, 1837 г.

вал себя не только как землемер, но и как специалист, хорошо разбирающийся в технических вопросах угольного дела, и был приглашён к сотрудничеству по проектированию и сооружению Сомерсетского угольного канала в качестве районного инженера. Это сыграло важнейшую роль в определении всей дальнейшей деятельности В. Смита.

С 1793 г. на протяжении шести лет жизнь В. Смита была теснейшим образом связана с обустройством Сомерсетского угольного канала. Именно этот пе-

риод явился временем его наибольшей творческой активности. Необходимо отметить, что окрестности г. Бат, занимающие крайнюю юго-западную часть куэстового района, отличаются исключительно благодатным для изучения стратиграфии сочетанием природных условий. Ярко выраженный куэстовый рельеф способствует хорошей обнажённости отчётливо стратифицированных и богатых окаменелостями слоёв нижней юры, облегчая их прослеживание на местности и установление возрастной последовательности. Слои лейаса подстилаются литологически резко от них отличающимися пёстроцветными, немymi в палеонтологическом отношении, континентальными и лагунными мергелями триаса.

Свои изыскания на Сомерсетском угольном канале В. Смит начинает с расчёта сети нивелировок в районе трассы проектирующегося сооружения. Нивелировка отчётливо показала, что слои, залегающие выше угленосных толщ, лежат не горизонтально, а закономерно моноклиналино падают к востоку, последовательно омолаживаясь в этом направлении. В 1794 г. после утверждения парламентом проекта Сомерсетского канала В. Смит с двумя членами учредительного комитета данного проекта был командирован для ознакомления с опытом постройки и эксплуатации угольных каналов в другие районы Англии. Эта поездка, совершённая в открытом экипаже, из которого можно было свободно наблюдать окрестности, окончательно убедила В. Смита в правильности выбора профессии. Примерно за два месяца В. Смит с коллегами проехал около 900 миль — от г. Бат до г. Ньюкасл в графстве Нортумберленд одним путём и обратно — другим. Дорога проходила главным образом вдоль границы района юрских куэст и Мидленда. Она то отклонялась в сторону меловых возвышенностей, то, пересекая юрские куэсты и холмистые равнины, сложённые пестроцветными породами триаса, приближалась к склонам Пеннинских гор. Наблюдая на протяжении этого путешествия знакомые ему

формы рельефа и разновидности горных пород, закономерно сменяющиеся одни другими с запада на восток, В. Смит пришёл к выводу о постоянстве той последовательности слоёв, которая ранее была установлена им в районе трассы Сомерсетского канала. Именно в этой поездке В. Смит поверил в возможность составления «карты слоёв» Англии и Уэльса. Решению этой грандиозной задачи он посвятил впоследствии многие годы своей жизни, а создание данной карты стало кульминационным пунктом всей его геологической деятельности. После возвращения из командировки В. Смит в течение ряда лет плодотворно работал непосредственно в районе г. Бат и его окрестностей.

Понятые им закономерности залегания слоёв позволили давать геологические прогнозы и ценные рекомендации в отношении тех или иных технических мероприятий. Это создало В. Смицу репутацию опытного инженера.

Наряду со своей практической служебной деятельностью В. Смит расширяет круг стратиграфических наблюдений и делает всё более глубокие обобщения. Детально сопоставляя отдельные слои горных пород В. Смит приходит к своему знаменитому выводу о том, «что каждый пласт включает ископаемых органического происхождения, характерных именно для него, и может быть, в сомнительных случаях, путём их изучения установлен и отделён от другого пласта, сходного с ним, но принадлежащего другой части серии» [2, с. 163].

В. Смит не только детально изучает последовательность слоёв в районе трассы канала и содержащиеся в них фоссилии, но одновременно фиксирует результаты своих геологических наблюдений в графическом виде. В рассматриваемый период ему удалось составить свои первые геологические карты — г. Бат и его окрестностей в масштабе 1 : 42420 и графства Сомерсетшир в масштабе 1 : 63360.

Уже в 1796 г. у В. Смита появилась мысль изложить данные своих наблюдений в виде обобщающего труда. Однако реализовать данный план немедленно не получается из-за большой занятости, а также в силу затруднений, возникающих у него при попытках изложить свои мысли на бумаге в законченной литературной форме.

В 1799 г. В. Смит познакомился с коллекционером ископаемых остатков Б. Ричардсоном, который стал одним из наиболее преданных друзей В. Смита и активным популяризатором его идей. Б. Ричардсон был хорошо осведомлён в вопросах зоологической номенклатуры, но, обладая обширной коллекцией окаменелостей из окрестностей г. Бат, он плохо представлял, из каких слоёв окаменелости происходят. Б. Ричардсон был поражён, когда В. Смит разложил фоссилии из его собрания в определённом стратиграфическом порядке и указал слои, в которых они встречаются. Ещё более Б. Ричардсон был удивлён, когда В. Смит высказал ему своё

общее положение, что «одинаковые слои всегда встречаются в одинаковой последовательности и всегда заключают одних и тех же характерных ископаемых» [2, с. 163]. В. Смит предложил проверить это положение непосредственными полевыми наблюдениями, пригласив для этой цели ещё одного любителя следов былой жизни — Д. Таунсенда. В. Смит указывал слои, в которых должны были, по его мнению, встречаться те или иные окаменелости. Затем исследователи осматривали эти слои, и «предсказания» В. Смита неизменно оправдывались. Убедившись в правильности представлений В. Смита и осознав то выдающееся значение, которое может иметь его метод, Б. Ричардсон и Д. Таунсенд попытались уговорить В. Смита опубликовать результаты его наблюдений, но успеха в этом не достигли. В. Смит какое-то время по-прежнему не решался на это из-за занятости, отсутствия необходимых денежных средств, а главным образом из-за недостатка литературного опыта. В конечном итоге в 1799 г. Б. Ричардсон, со слов В. Смита, составил краткую таблицу последовательности слоёв (от «угля» до «мела») и заключённых в них ископаемых остатков окрестностей г. Бат. Данная схема была составлена по профилю от г. Бат на юго-восток к г. Уорминстер и отражала особенности строения разреза в этом районе. Появилась первая в мире стратиграфическая схема, подразделения которой имели не только литологическую, но одновременно и палеонтологическую характеристику.

Таблица была составлена первоначально в трёх экземплярах. Каждый из участников её составления получил по экземпляру. Впоследствии с неё были сделаны многочисленные копии, благодаря которым она стала известна профессиональным геологам, как английским, так и специалистам из других стран. Опубликована данная таблица была В. Смитом только в 1815 г. Единственный сохранившийся подлинный экземпляр упомянутой таблицы, принадлежавший В. Смицу, был им передан в 1831 г. вместе с картой окрестностей г. Бат Лондонскому геологическому обществу.

С 1799 г. В. Смит оставляет постоянную службу на Сомерсетском угольном канале и переходит к частной деятельности инженера-консультанта. В различных районах Англии он помогает выполнять работы по прокладке ирригационных каналов, постройке дамб, осушению маршей, занимается актуальными вопросами водоснабжения. Всё своё свободное время и все свои денежные средства В. Смит тратил на геологические маршруты, коллекционирование ископаемых остатков и составление геологических карт. В. Смит не оставлял своего плана написать и издать книгу с исчерпывающим изложением своих наблюдений и своего метода. Побуждаемый коллегами В. Смит выпускает в 1801 г. проспект своего будущего труда, в котором предполагалось изложить детальное описание

слоёв горных пород Англии и Уэльса, сопровождающееся геологической картой (предварительный эскиз которой уже был им составлен) и разрезами. Данный проспект получил широкое распространение, но завершение анонсированного В. Смитом труда из года в год, к сожалению, откладывалось.

В 1808 г. Лондонское геологическое общество, полагая, что В. Смит отказался от своего плана составления геологической карты Британии, поставило перед президентом общества вопрос о подготовке такой карты. Это заставило В. Смита обосноваться в Лондоне и активизировать работу над завершением геологической карты Англии и Уэльса. Несмотря на серьёзные денежные затруднения, заставившие В. Смита даже продать Британскому музею за 700 фунтов стерлингов часть своей коллекции окаменелостей, работа над картой была завершена. В 1812 г. карта была направлена издателю. В 1815 г. она была опубликована в масштабе 5 миль в 1 дюйме (1 : 3168000) под названием «Изображение слоёв Англии и Уэльса с частью Шотландии; показывающее угольные копи и рудники, Марши и Фены, покрывавшиеся раньше морем, и изменения почвы, соответствующие изменениям субстрата; иллюстрированное наиболее наглядными названиями». Эта превосходно в картографическом отношении выполненная «Карта слоёв Англии и Уэльса» стала первой в мире геологической картой обширной территории.

Одновременно с завершением работы над картой В. Смитом была переработана и стратиграфическая схема, впервые намеченная в 1799 г. в «Таблице последовательности слоёв окрестностей г. Бат». Новый вариант должен был отвечать легенде подготовленной к изданию «Карте слоёв Англии и Уэльса». Однако в период подготовки карты к изданию В. Смиуту становятся известны некоторые новые фактические данные. «Таблица последовательности слоёв окрестностей г. Бат» снова переделывается и в 1815 г., уже после выхода в свет первых оттисков «Карты слоёв Англии и Уэльса», В. Смит публикует, наконец, авторскую стратиграфическую схему под названием «Геологическая таблица ископаемых органического происхождения Британии, устанавливающая последовательность и непрерывность слоёв». Эта схема должна, несомненно, рассматриваться как сводный разрез Англии и Уэльса.

С 1816 г. В. Смит начинает публиковать серию таблиц изображений ископаемых остатков под общим названием «Слои, установленные по ископаемому органическому происхождению». Из предполагавшихся семи выпусков этой серии было опубликовано четыре (1816—1819 гг.). В 1817 г. вышла в свет работа В. Смита «Стратиграфическая система ископаемых органического происхождения», представляющая собой аннотированный каталог коллекции фоссилий, переданных В. Смитом Британскому музею. Для каждой окаменелости было

указано местонахождение и приуроченность к тому или другому слою. В 1819 г. В. Смит опубликовал серию геологических разрезов различных областей Англии и Уэльса, показывающих условия залегания и взаимоотношения слоёв горных пород и связь их с различными формами рельефа.

Вскоре после обнародования «Карты слоёв Англии и Уэльса» В. Смитом был подготовлен «Новый геологический атлас Англии и Уэльса». В нём различной раскраской изображены протяжённость и ширина слоёв, обуславливающих разнообразие почв, показаны места, где могут быть найдены уголь, а также строительные материалы. «Новый геологический атлас Англии и Уэльса», к сожалению, остался в полном объёме не законченным, но всё же, с 1819 по 1824 гг. В. Смитом были созданы и вышли в свет шесть выпусков этого атласа, каждый из которых включал четыре листа карт различных графств. Особенно выделялись среди них по точности и мастерству выполнения карты графства Йоркшир. Выпуском в 1824 г. шестой части «Нового геологического атласа Англии и Уэльса» публикация работ В. Смита практически заканчивается.

В. Смит не прекращает своей частной деятельности инженера-консультанта по самым различным вопросам, связанным с нуждами мелиорации и водоснабжения, поисками и разработкой угля и строительных материалов. В период подготовки карт «Нового геологического атласа Англии и Уэльса» деятельность В. Смита сосредоточивается в северо-восточных графствах Англии, а его жизнь связывается с г. Скарборо. Этот район привлекал В. Смита замечательными обнажениями юрских слоёв и широкими возможностями коллекционирования заключённых в них ископаемых остатков. Следует отметить, что город испытывал недостаток пресной воды. Во время геологических экскурсий в окрестностях Скарборо В. Смит обосновал возможность расширения источников его водоснабжения и успешно реализовал свой проект. Здесь же В. Смит познакомился с местным баронетом и с 1828 г. стал управляющим его имения. С этого времени В. Смит, который был на пороге своего шестидесятилетия, свою деятельность инженера-геолога-консультанта почти полностью прекращает. Шесть лет он жил в управляемом им имении, а затем, расставшись с этой должностью, переехал в г. Скарборо. В. Смит жил уединённо и покидал свой дом лишь на короткие сроки для участия в годовых собраниях Британской Ассоциации для прогресса науки. К огорчению своих коллег ни в период своей жизни в имении, ни в последующие годы своей жизни В. Смит так и не обобщил все свои наблюдения и свой метод геологических исследований. Его многочисленные заметки, наброски и другое остались не систематизированными, и он за это время ничего не прибавил к тому, что было им опубликовано в период до 1824 г.

Последние 10 лет жизни В. Смита были временем официального признания его ярких заслуг и получения им различных наград и знаков внимания со стороны правительственных и научных организаций Великобритании. Первым в этом ряду было присуждение В. Смиту Лондонским геологическим обществом в 1831 г. первой Волластоновской медали, названной в честь выдающегося английского физика и химика В.Г. Волластона. В состоявшемся по этому поводу решении общества от 11 января 1831 г. было сказано, «что первая Волластоновская медаль даётся Мр. Вильяму Смиту в связи с тем, что он является великим оригинальным открывателем в Английской геологии, и особенно в связи с тем, что он был первым в этой стране, кто открыл и изучил постоянство слоёв и установил их последовательность при посредстве заключённых в них ископаемых» [2, с. 168].

Очередное годовое собрание Британской Ассоциации для прогресса науки должно было состояться 26 августа 1839 г в г. Бирмингем и В. Смит получил на него приглашение. По пути в г. Бирмингем В. Смит задержался у одного из своих друзей в г. Нортгемптон. Здесь после нескольких геологических экскурсий он заболел. Болезнь быстро прогрессировала, и через несколько дней — 28 августа 1839 г. В. Смит скончался. Здесь же в г. Нортгемптон в церкви Всех Святых он был похоронен.

Творческое наследие В. Смита велико. Он был вдумчивым геологом-практиком, которого «можно было бы с полным правом назвать специалистом в области региональных гидрогеологических и инженерно-геологических исследований» [2, с. 168]. Успех практической, гидро- и инженерно-геологической деятельности В. Смита в решающей степени были обусловлены тем, что возникающие перед ним вопросы он решал, всегда опираясь на геологические данные — на знание условий залегания слоёв и их стратиграфической последовательности. В. Смит «был, по-видимому, одним из первых, если вообще не первым исследователем, который решал подобным образом практические вопросы мелиорации и водоснабжения» [2, с. 169]. С полным основанием в связи с этим В. Смит может рассматриваться как один из основоположников региональных гидрогеологических и инженерно-геологических исследований. Тем не менее главное значение работ В. Смита заключается, конечно, не в этом.

В. Смит был непревзойдённым мастером геологического картирования. Эта главная сторона деятельности В. Смита, запечатлённая в серии составленных им карт и прежде всего в знаменитой «Карте слоёв Англии и Уэльса», широко известна и получила вполне заслуженную высокую оценку. Для самого В. Смита «геологическое картирование было, по-видимому, искусством, которое он любил, тонко понимал и рассматривал как основное

призвание своей жизни» [2, с. 169]. В своих поздних публикациях он с гордостью обычно кратко рекомендовался как автор геологической карты Англии и Уэльса.

Слои были для В. Смита прежде всего объектом, который можно проследить на местности и откартировать. Его стратиграфические таблицы представляют собой перечни стратонов, систематизированных в порядке их залегания и соответственно — происхождения. В. Смит установил общую последовательность 34 слоёв Англии и Уэльса. Наиболее подробно им были расчленены отложения, выделенные впоследствии в юрскую систему. Многие из выделенных В. Смитом «слоёв» юрской части разреза сохраняют своё стратиграфическое значение вплоть до настоящего времени. Существенно менее детально им была стратифицирована верхняя, особенно «надмеловая» часть разреза и в наименьшей степени — доюрская, строение которой было намечено лишь в самой общей форме. Причина этого совершенно ясна. Исследования В. Смита охватывали в основном районы, в пределах которых верхние слои нижнего мела залегают трансгрессивно на различных горизонтах юры. Большая же, нижняя часть слоёв нижнего мела, а также третичные отложения отсутствуют. Установленная В. Смитом последовательность слоёв, представляющая собой лишь самую начальную стадию стратиграфической классификации, стала надёжной отправной точкой для её дальнейшего развития и совершенствования. В целом стратиграфические схемы В. Смита отвечают этапу первичной стратиграфической систематизации слоёв. В настоящее время подобные схемы можно было бы назвать литостратиграфическими или местными.

Открытие и изучение постоянства в последовательности слоёв является огромной заслугой В. Смита и именно этой стороне своей деятельности он обязан своим широко известным прозвищем «страта-Смит», которое дали ему соотечественники. После работ В. Смита геологическое картирование прочно вошло в перечень основных методов стратиграфических исследований в Англии.

С геологическим картированием координировалось у В. Смита его второе увлечение — коллекционирование ископаемых остатков. Начав мыслить и работать как геолог-картировщик, В. Смит стал коллекционировать окаменелости не просто как определённые палеозоологические объекты, а как характерные признаки картирующихся слоёв. Именно это и позволило В. Смиту уже в ранний период его деятельности сделать знаменитый вывод о том, что каждый пласт включает ископаемые остатки, характерные именно для него. Следует подчеркнуть, что в ходе своих исследований В. Смит не последовательность слоёв устанавливал при помощи ископаемых остатков, а наоборот, различие комплексов окаменелостей отдельных

стратоноров выявил после установления последовательности залегания слоёв методом геологического картирования. Таким образом, знаменитое открытие В. Смита явилось результатом сочетания в личности В. Смита в первую очередь качеств талантливого геолога-картировщика, с одной стороны, и энтузиаста коллекционера окаменелостей — с другой. Именно в этом сочетании и заключается «разгадка той «необычайности», «исключительности» личности Смита, которая отмечается всеми его биографами» [2, с. 170].

Вряд ли правильно «рассматривать Смита как основоположника палеонтологического метода в стратиграфии и тем более как основоположника биостратиграфии» [2, с. 170]. Но В. Смит показал в результате своих исследований специфику и постоянство палеонтологической характеристики различных слоёв и тем самым предопределил возможность их распознавания и отождествления. Им была создана основа для развития палеонтологического метода и исторической геологии в целом.

ЛИТЕРАТУРА

- Второв И.П. У истоков современной геологии: карта Уильяма Смита, 1815 г. // Доклады XXII Годиной научной конференции Института истории естествознания и техники им. С.И. Вавилова. М.: ИИЕТ РАН, 2016. С. 531–533.
- Леонов Г.П. Основы стратиграфии. Том. 1. М.: Изд-во МГУ, 1973. 530 с.
- Arkel W.J. William Smith and the stratal terms // The Jurassic system in Great Britain. Oxford: Clarendon Press, 1933. P. 2–8.
- Bassett D.A. William Smith, the father of English geology and of stratigraphy: an anthology // Geology. 1969. Vol. 1. P. 38–51.
- Cox L.R. New light of William Smith and his work // Proc. Yorkshire Geol. Soc. 1942. Vol. 25. P. 1–99.
- Davis A.G. William Smith's Geological atlas and the later history of the plates // J. Soc. Bibliophy Natur. Hist. 1952. N 2. P. 388–395.
- Donovan D.T. William Smith's last geological excursion // Geol. Mag. 1969. Vol. 106. N 2. P. 214–215.
- Douglas J.A., Cox L.R. An early list of strata by William Smith // Geol. Mag. 1949. Vol. 86. N 3. P. 180–188.
- Eyles J.M. William Smith: the sale of his geological collection to the British Museum // Annals of Science. 1967. Vol. 23. N 3. P. 177–212.
- Eyles J.M. William Smith (1769–1839): a bibliography of his published writings, maps and geological sections, printed and lithographed // J. Soc. Bibliophy Natur. Hist. 1969. Vol. 5. P. 87–109.
- Eyles J.M. William Smith (1769–1839): a chronology of significant dates of his life // Proc. Geol. Soc. London. 1969. N 1657. P. 173–176.
- Eyles J.M. William Smith: some aspects of his life and work // Towards a history of geology // Interdisciplinary conference on the history of geology. London: M.I.T. Press, 1967. P. 142–158.
- Forster A., Reeves H.J. William Smith and the development of engineering geology in England // Quart. J. Engineering Geol., Hydrogeol. 2008. Vol. 41. P. 165–170.
- Hemingway J.E., Owen J.S. William Smith and the Jurassic coals of Yorkshire // Proc. Yorkshire Geol. Soc. 1975. Vol. 40. P. 297–308.
- Henry C.J. William Smith's London neighbourhood // Earth Sciences History. 2016. Vol. 35, N 1. P. 212–217.
- Judd J. W. William Smith's manuscript maps // Geol. Mag. 1897. Vol. 4. N 10. P. 439–447.
- Laudan R. William Smith: stratigraphy without palaeontology // Centaurus. 1976. N 20. P. 210–226.
- Le wis C. David Musket, John Farey and William Smith: geologizing in the Forest of Dean // Earth Sciences History. 2016. Vol. 35. N 1. P. 167–196.
- Morrell R.W. William «Strata» Smith // The Freethinker. 1969. Vol. 89. N 21. P. 165.
- Morton J.L. Strata: How William Smith drew the first map of the Earth in 1801 and inspired the science of geology. Stroud: Tempus, 2001. 160 p.
- Morton J.L. Strata: The remarkable life story of William Smith, 'the Father of English Geology'. New edition. West Sussex: Brocken Spectre Publishing, 2004. 170 p.
- Owen J.S. William Smith and the Jurassic coals of Yorkshire // Proc. Yorkshire Geol. Soc. 1975. Vol. 40. P. 297–308.
- Pedley M. New light on the 1824 William Smith Northumberland County map: a joint work by Smith and Phillips // Earth Sciences History. 2016. Vol. 35. N 1. P. 99–114.
- Phillips J. Memoirs of William Smith, LL.D., author of the «Map of the strata of England and Wales». London: J. Murray, 1844. 196 p.
- Sharpe T. William Smith's 1815 map, a delineation of the strata of England and Wales: its production, distribution, variants and survival // Earth Sciences History. 2016. Vol. 35. N 1. P. 47–61.
- Torrens H.S. The water-related work of William Smith (1769–1839) // 200 years of British hydrogeology. London: Geological Soc., 2004. P. 15–30.
- Torrens H. William Smith (1769–1839): his struggles as a consultant, in both geology and engineering, to simultaneously earn a living and finance his scientific projects, to 1820 // Earth Sciences History. 2016. Vol. 35. N 1. P. 1–46.
- Winchester S. The map that changed the world: William Smith and the birth of modern geology. N.Y.: Perennial, 2001. 329 p.

REFERENCES

- Vtorov I. P. At the origins of modern geology: the map of William Smith, 1815. *Doklady XXII Godichnoy nauchnoy konferencii Instituta istorii estestvoznaniya i tekhniki im. S.I. Vavilova*. [Reports of the XXII Annual Scientific Conference of the S.I. Vavilov Institute of the History of Natural Science and Technology]. Moscow, 2016, pp. 531–533. (In Russian)
- Leonov G.P. *Osnovy stratigrafii* [Fundamentals of stratigraphy]. Moscow, MGU Publ., 1973, v. 1, 530 p. (In Russian)
- Arkel W.J. William Smith and the stratal terms. *The Jurassic system in Great Britain*. Oxford, Clarendon Press, 1933, pp. 2–8.
- Bassett D.A. William Smith, the father of English geology and of stratigraphy: an anthology. *Geology*, 1969, vol. 1, pp. 38–51.
- Cox L.R. New light of William Smith and his work. *Proc. Yorkshire Geol. Soc.*, 1942, vol. 25, pp. 1–99.
- Davis A.G. William Smith's Geological atlas and the later history of the plates. *J. Soc. Bibliophy Natur. Hist.*, 1952, no 2, pp. 388–395.
- Donovan D.T. William Smith's last geological excursion. *Geol. Mag.*, 1969, vol. 106, no 2, pp. 214–215.
- Douglas J.A., Cox L.R. An early list of strata by William Smith. *Geol. Mag.*, 1949, vol. 86, no 3, pp. 180–188.
- Eyles J.M. William Smith: the sale of his geological collection to the British Museum. *Annals of Science*, 1967, vol. 23, no 3, pp. 177–212.
- Eyles J.M. William Smith (1769–1839): a bibliography of his published writings, maps and geological sections, printed and lithographed. *J. Soc. Bibliophy Natur. Hist.*, 1969, vol. 5, pp. 87–109.
- Eyles J.M. William Smith (1769–1839): a chronology of significant dates of his life. *Proc. Geol. Soc. London*, 1969, no 1657, pp. 173–176.
- Eyles J.M. William Smith: some aspects of his life and work. *Towards a history of geology. Interdisciplinary conference on the history of geology*, London, M.I.T. Press, 1967, pp. 142–158.
- Forster A., Reeves H.J. William Smith and the development of engineering geology in England. *Quart. J. Engineering Geol., Hydrogeol.*, 2008, vol. 41, pp. 165–170.
- Hemingway J.E., Owen J.S. William Smith and the Jurassic coals of Yorkshire. *Proc. Yorkshire Geol. Soc.*, 1975, vol. 40, pp. 297–308.

15. Henry C.J. William Smith's London neighbourhood. *Earth Sciences History*, 2016, vol. 35, no 1, pp. 212–217.
 16. Judd J. W. William Smith's manuscript maps. *Geol. Mag.*, 1897, vol. 4, no 10, pp. 439–447.
 17. Laudan R. William Smith: stratigraphy without palaeontology. *Centaurus*, 1976, no 20, pp. 210–226.
 18. Lewis C. David Mushet, John Farey and William Smith: geologizing in the Forest of Dean. *Earth Sciences History*, 2016, vol. 35, no 1, pp. 167–196.
 19. Morrell R.W. William «Strata» Smith. *The Freethinker*, 1969, vol. 89, no 21, pp. 165.
 20. Morton J.L. *Strata: How William Smith drew the first map of the Earth in 1801 and inspired the science of geology*. Stroud, Tempus, 2001, 160 p.
 21. Morton J.L. *Strata: The remarkable life story of William Smith, «the Father of English Geology»*. New edition. West Sussex: Brocken Spectre Publishing, 2004, 170 p.
 22. Owen J.S. William Smith and the Jurassic coals of Yorkshire. *Proc. Yorkshire Geol. Soc.*, 1975, vol. 40, pp. 297–308.
 23. Pedley M. New light on the 1824 William Smith Northumberland County map: a joint work by Smith and Phillips. *Earth Sciences History*, 2016, vol. 35, no 1, pp. 99–114.
 24. Phillips J. *Memoirs of William Smith, LL.D., author of the «Map of the strata of England and Wales»*. London, J. Murray, 1844, 196 p.
 25. Sharpe T. William Smith's 1815 map, a delineation of the strata of England and Wales: its production, distribution, variants and survival. *Earth Sciences History*, 2016, vol. 35, no 1, pp. 47–61.
 26. Torrens H.S. The water-related work of William Smith (1769–1839). *200 years of British hydrogeology*, London, Geological Soc., 2004, pp. 15–30.
 27. Torrens H. William Smith (1769–1839): his struggles as a consultant, in both geology and engineering, to simultaneously earn a living and finance his scientific projects, to 1820. *Earth Sciences History*, 2016, vol. 35, no 1, pp. 1–46.
 28. Winchester S. *The map that changed the world: William Smith and the birth of modern geology*, N.Y., Perennial, 2001, 329 p.
-

ХРОНИКА

УДК 55 (470+571)

**XI НАУЧНЫЕ ЧТЕНИЯ, ПОСВЯЩЁННЫЕ ПАМЯТИ
ПРОФЕССОРА М.В. МУРАТОВА**

А.В. ТУРОВ, А.О. АНДРУХОВИЧ, В.Н. КОМАРОВ

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

**XI SCIENTIFIC READINGS, DEVOTED TO THE MEMORY
OF PROFESSOR M.V. MURATOV**

A.V. TUROV, A.O. ANDRUKHOVICH, V.N. KOMAROV

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

12 апреля 2018 г. в Российском государственном геологоразведочном университете имени Серго Орджоникидзе прошли очередные XI научные чтения, посвящённые памяти профессора М.В. Муратова «Проблемы региональной геологии Северной Евразии».

Кафедра палеонтологии и региональной геологии МГРИ-РГГРУ совместно с геологической секцией Московского общества испытателей природы систематически с 1998 г. проводит научные чтения, посвящённые памяти профессора М.В. Муратова — выдающегося учёного-геолога, изучавшего различные вопросы палеонтологии, стратиграфии, геоморфологии, региональной геологии, тектоники континентов и океанов. Муратовские чтения стали научной площадкой, на которой обсуждаются результаты исследований профессорско-преподавательского состава, аспирантов и студентов высших учебных заведений, научных сотрудников РАН, научно-исследовательских институтов и производственных организаций.

За одиннадцать сессий работы совещания было сделано более 360 докладов по наиболее актуальным проблемам наук о Земле.

В прошедших научных чтениях приняло участие 27 специалистов из семи организаций: МГРИ-РГГРУ, ГИН РАН, Института географии РАН, ИФЗ РАН, МГУ, Национального исследовательского Томского государственного университета и ООО «Гелиос» (Иркутск). Активное участие в работе чтений приняли студенты МГРИ-РГГРУ.

На заседаниях конференции были детально рассмотрены и обсуждены различные вопросы палеонтологии, биостратиграфии, тафономии, седиментологии, палеогеографии, исторической геологии и геотектоники. Традиционно, большое внимание на конференции было уделено различным аспектам геологии Крымско-Кавказского региона (проблемы геологии которой занимали совершенно особое место в исследованиях М.В. Муратова), в том числе района учебной геологической практики МГРИ-РГГРУ, одним из создателей которой был М.В. Муратов.

А.О. Андрухович (МГРИ-РГГРУ), Ю.А. Давыденко (ООО «Гелиос») и А.В. Туров (МГРИ-РГГРУ) показали возможность использования метода электромагнитных зондирований и вызванной поляризации на Крымской учебной геологической практике (Бахчисарайский район). Данная методика представляет собой разновидность импульсной электроразведки, использующей полную форму переходного процесса, что позволяет перейти от применения кажущихся параметров к полноценному решению задач одномерной или трехмерной инверсии с учётом частотной дисперсии электропроводности для становления поля горизонтального электрического диполя. Выполненные исследования подтвердили наличие Бодракского разлома в верховьях оврага Шара в основании крутого северо-западного склона.

Доклад Н.Ю. Брагина (ГИН РАН) посвящён раннеюрским радиоляриям из кремнистых толщ Эконайской зоны Корякского нагорья. Находка раннеюрского комплекса радиолярий в кремнистых образованиях Ионайского покрова свидетельствует о том, что общий разрез кремнистых толщ охватывает интервал от карбона до нижней юры включительно. По стратиграфии он сходен с разрезом зоны Мино Японии, также начинающимся с вулканогенно-карбонатно-кремнистого верхнего палеозоя и венчающимся кремнистыми отложениями нижней юры. Раннеюрский комплекс радиолярий представлен видами, распространёнными в Японии и в тетических районах и, возможно, имеет тетическую природу. Подобное ранее наблюдалось для триасовых и пермских комплексов микрофауны этого региона. Подтверждение тетической природы раннеюрского комплекса может свидетельствовать как в пользу единства разреза верхнего палеозоя — нижнего мезозоя Эконайской зоны, так и в пользу стабильных условий его формирования в тепловодном бассейне.

Л.Г. Брагина (ГИН РАН) в своём сообщении привела результаты изучения радиолярий из сантона-нижнего кампана горы Ак-Кая и оврага Алан-Кыр Горного Крыма. Новые данные позволяют предположить, что объём зоны *Afens perapediensis* может быть расширен и охватывает верхи верхнего сантона — самые низы кампана.

Л.Г. Брагина и Н.Ю. Брагин охарактеризовали радиолярии сантона в разрезе Брэждэ (Сербия). В результате исследования в данном разрезе удалось проследить зону *Afens perapediensis* (верхи верхнего сантона), широко распространённую в пределах Тетической палеобиогеографической надобласти. Показано, что нижняя часть известняков Струганика в разрезе Брэждэ охарактеризована планктонными фораминиферами (сантон), бентосными фораминиферами (верхний сантон) и радиоляриями (верхний сантон). Таким образом, нижняя

часть известняков Струганика относится к верхнему сантону.

В.С. Вишневская (ГИН РАН), Ю.А. Гатовский (МГУ) и В.А. Козлова (МГУ) обсудили новые данные по систематическому составу позднеюрских радиолярий Западной Сибири. Анализ географического распространения видов позволяет предположить окраинно-морской характер Баженовского моря и его связь с Палеопацификой.

А.Ю. Гладенков (ГИН РАН) изложил новые материалы по биостратиграфическому расчленению и датированию морских кайнозойских толщ Западной Камчатки по диатомеям, которые удалось получить при изучении одного из опорных стратиграфических разрезов кайнозоя Западной Камчатки в районе бухты Квачина. В разрезе представлена практически непрерывная последовательность терригенных отложений (относимых к тигильской и белесоватой толщам, а также кавранской серии) от палеогена до нижнего миоцена, с общей мощностью около 500 м. Изученные в разрезе бухты Квачина олигоценные комплексы диатомей по полноте и палеонтологической характеристике являются наиболее представительными из всех известных на сегодняшний день ассоциаций этого возраста в разрезах Камчатки. Таким образом, полученные результаты, важны не только для биостратиграфического расчленения разрезов олигодена Западной Камчатки по кремнистым микроорганизмам, но и для уточнения корреляций олигоценных толщ в пределах Камчатки. Так, новые данные по диатомеям указывают на олигоценный возраст утхолокско-вивентекского горизонта Западно-Камчатской структурно-формационной зоны, что ранее не было доказано. Кроме того, прямая привязка в разрезе донных групп к комплексам микропланктона позволяет уточнить возрастные датировки бентоса и придать ему более определённое маркирующее значение.

В сообщении В.Б. Караулова (МГРИ-РГГРУ) проанализированы некоторые особенности регионально-геологических публикаций сторонников тектоники плит. К числу характерных особенностей работ, содержащих попытки пересмотра вопросов региональной тектоники и истории геологического развития отдельных регионов материков с позиций концепции тектоники литосферных плит автором отнесены: 1) отсутствие сведений о работах предшественников и анализа их взглядов на тектонику данной территории; 2) сравнительно небольшое количество нового фактического материала, представленного обычно лишь данными об изотопном возрасте и геохимических особенностях магматических комплексов; 3) произвольные интерпретации геохимических характеристик, якобы однозначно определяющих палеотектонические обстановки.

Л.Ф. Копаевич (МГУ) и В.С. Вишневская (ГИН) рассмотрели переломные рубежи в развитии поздне меловых фораминифер и радиолярий как показатели климатических флуктуаций. Поздний мел был временем высокого таксономического разнообразия планктонной биоты. Благоприятная палеоокеанографическая ситуация — обширная талассократия, способствовала широкому расселению планктонных фораминифер и радиолярий от экваториальных бассейнов до высоких широт, от пелагических условий к мелководным участкам эпиконтинентальных бассейнов. В тоже время на протяжении поздне меловой эпохи происходили значительные изменения в строении раковин этих планктонных организмов, а также количественные флуктуации таксономического разнообразия. Подобные явления определялись изменениями параметров водной толщи, которые были характерны для этого, казалось бы, относительно стабильного палеоокеанографического интервала. На распределение и таксономическое разнообразие планктонной биоты влияли такие показатели, как глубина бассейна, солёность, и температура. Последние в первую очередь зависели от глобальных климатических колебаний, к числу которых следует отнести потепление на рубеже альба и сеномана, проявившееся в умеренных широтах; тёплый климат на протяжении турона и большей части сантона; похолодание в терминальном сантоне и раннем кампане; флуктуации температур на протяжении кампана; похолодание на рубеже кампана и маастрихта; кратковременный импульс потепления в терминальном маастрихте. Самым подходящим регионом для изучения планктонной составляющей на территории России и ближнего зарубежья является Крымско-Кавказский регион. Его палеоокеанография определялась географическим положением. С одной стороны, это была северная окраина океана Тетис, с другой — временами регион попадал под влияние северных водных масс со стороны бассейнов Русской платформы. Таксономическое разнообразие, флуктуации морфологии раковин, появление специфических морфотипов, преобладание таксонов с различной жизненной стратегией, а также соотношение бореальных и тетических форм указывают на колебания уровня моря и климатические флуктуации. Таким образом, анализ комплексов планктонных фораминифер и радиолярий позволяет установить эпизоды чередования потепления и похолодания, возникновение специфических изменений в характере водных масс. К их числу можно отнести возникновение эпизодов дефицита кислорода в водной толще.

С.Ю. Маленкина (ГИН РАН) на примере различных юрских и меловых разрезов Русской плиты описала роль микробиальных сообществ в процессах fossilization. Микробиальные сообщества в результате своей жизнедеятельности часто форми-

руют тонкие микробиальные плёнки или более сложные маты, fossilization и порождают определённые осадочные структуры — микробиалиты. В сущности, они представляют собой литифицированные альго-бактериальные, в основном цианобактериальные, маты. Формирование карбонатов, фосфатов и некоторых других отложений обычно связано с наличием микроскопических организмов, таких как бактерии, грибки, мелкие водоросли и простейшие. Ключевыми организмами, участвующими в образовании микробиалитов, являются бактерии и цианобактерии, которые чаще всего живут в сравнительно мелководных и насыщенных кислородом средах. Микробиалиты в свою очередь могут содержать микрофоссилии и различные скелетные элементы макрофоссилий.

Д.М. Ольшанецкий (ГИН РАН) обобщил данные по биостратиграфии палеоцена и эоцена Северной Пацифики на основе глубоководных бентосных фораминифер. В процессе работы проводилось исследование трендов и особенностей развития комплексов глубоководных бентосных фораминифер в палеоцене и эоцене, являющихся отражением хода эволюции глубоководной экосистемы значительной части Тихого океана, что является основой для создания биостратиграфической схемы Северной Пацифики по глубоководным бентосным фораминиферам. Филогенетические изменения также использовались для определения последовательности биостратонов. На основе предложенной биостратиграфической схемы проведена корреляция всех изученных скважин в Тихом океане.

В материалах В.М. Подобиной (Национальный исследовательский Томский государственный университет) дана информация о биостратиграфии альба Западной Сибири по данным изучения фораминифер. Их новые находки позволили расширить сведения о распространении морских отложений альба в северном палеобиогеографическом районе.

Г.Н. Садовников (МГРИ-РГГРУ) рассказал о влиянии Луны на Землю в «догеологический» этап её развития. В отличие от планет-одиночек на двойных планетах (а также на Земле и Луне, которые по принятым сейчас стандартам не рассматриваются, как двойная планета) гравитационная дифференциация должна была происходить задолго до расплавления их недр. На поверхности и вблизи неё должны были формироваться первичные криосферы. Ниже них должны были возникать пралитосферы, включавшие зоны относительно высокого содержания пород кислого состава сверху и основного состава — внизу. Эти особенности могли влиять на дальнейшее развитие планет.

Характеристике особенностей строения и состава лёссовых отложений юго-востока Русской равнины посвящён доклад К.М. Седаевой (МГУ), Е.А. Константинова (Институт географии РАН), С. Чэнь (МГУ) и Р.Н. Курбанова (МГУ). Авторы

обратили внимание на то, что основными источниками обломочного материала лёссово-почвенных комплексов послужили остаточные продукты криогипергенеза гляциальных и перигляциальных областей северных районов России и отчасти вулканогенный материал, привнесенный из областей вулканической активизации (Кавказа).

Г.М. Седаева, М.О. Корнилова (МГУ), В.Л. Лукаш (МГУ) проинформировали слушателей об особенностях строения и состава приповерхностного слоя донных отложений Балтийского моря (Калининградский залив). Грубо—крупнообломочный материал, представленный гранитами, гранито-гнейсами, амфиболитами, фтанидами и другими породами, не относится к морским отложениям, его следует рассматривать, как остаточные продукты морен и отчасти ледового разноса.

Т.Ю. Тверитинова (МГУ) и Д.Е. Белобородов (ИФЗ РАН) оценили структурную позицию позднекайнозойского наземного и грязевого вулканизма в Крымско-Кавказском регионе. В докладе рассмотрен ряд структурных параметров, определяющих локализацию позднекайнозойского наземного и грязевого вулканизма на примере складчатого сооружения Большого Кавказа и Керченско-Таманской межпериклиальной зоны.

А.В. Туров, Г.В. Агафонова и А.О. Андрухович (МГРИ-РГГРУ) в своём докладе уделили внимание строению турбидитов титона в разрезе р. Тонас (Восточный Крым). Авторами сделан вывод о том, что рассмотренный материал позволяет отнести турбидиты титонской части разреза к дистальной фации конуса, формировавшегося в нижней части склона карбонатной платформы восточно-крымских яйл. Сложное строение турбидитов, по всей видимости, обусловлено турбулентным режимом движения потоков, при небольшом наклоне дна бассейна. Карбонатно-глинистый фон осадкона-

копления в бассейне способствовал образованию пелитовой части турбидитов.

Особенности пограничных отложений сантона и кампана в разрезе Аксудере (Крым, Бахчисарайский район) были затронуты в докладе П.А. Фокина (МГУ), Л.Ф. Копаевич, М.А. Устиновой (ГИН РАН), В.Л. Косорукова (МГУ) и Д.В. Смольянова (МГУ). Было подчёркнуто, что относительно однородный вещественный состав без видимых пере-рывов, таксономический состав макро- и микро-фоссилий, а также магнитостратиграфические данные позволяют рекомендовать разрез Аксудере как эталонный для всего Крымско-Кавказского и Закаспийского регионов.

И.Р. Хузиной и В.Н. Комаровым (МГРИ-РГГРУ) представлен материал о сеноманском комплексе ринхолитов Горного Крыма. Сделан вывод о том, что искусственная система, какой бы конкретный её вариант не был бы предложен, со всеми её минусами, пока является для ринхолитов единственно возможной. Единственным критерием, позволяющим минимизировать её отрицательные стороны и обосновать выделение нового таксона, следует признать только имеющийся по нему массовый материал.

Прошедший научный форум ещё раз наглядно продемонстрировал, что научное наследие М.В. Муратова не потеряло актуальности до настоящего времени, а Муратовские чтения заняли достойное место среди других научных конференций, посвященных наукам о Земле. На протяжении более 20 лет конференция способствует самому широкому обмену геологической информацией, активно содействует объединению творческих усилий специалистов высших учебных заведений, научных и производственных организаций, позволяет расширить их сотрудничество в обсуждении и решении актуальных вопросов геологии.