

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

ГЕОЛОГИЯ И РАЗВЕДКА

НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

№ 5
СЕНТЯБРЬ—ОКТЯБРЬ

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 слов — 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, повторяющий 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.rasep.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. Отписки 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, В.Ю. Керимов, 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), Mohammed Amro (Германия), Shaopeng Huang (США, Китай), Massimo Verdoya (Италия)

Сдано в набор 15.09.2018.
Бумага офсет. № 1
Уч.-изд л. 10,25.

Подписано в печать 15.10.2018.
Гарнитура Таймс
Тираж 200 экз.

Формат 60×90/8.
Усл. печ. л. 10,25.
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://geology.mgri-rggru.ru/>

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

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ
ГЕОЛОГИЯ И РАЗВЕДКА
2018, № 5

СОДЕРЖАНИЕ

Геология

Балуев А.С., Колодяжный С.Ю., Терехов Е.Н., Лебедев В.А., Серов П.А. Проблемы времени заложения и тектонической эволюции Онежско-Кандалакшского палеорифта в свете данных изотопной геохронологии 5

Минералогия, петрография, литология

Петроченков Д.А. Минеральный состав и геммологические характеристики окаменелостей морских рептилий Ульяновской области 12

Полезные ископаемые, методика их поисков и разведки

Никифорова З.С. Геолого-структурный контроль и критерии прогнозирования типов коренных источников россыпной золотоносности на востоке Сибирской платформы . 17

Богуславский М.А., Худяков С.О. Характеристика самородного золота Косьюмнерского россыпного месторождения (Приполярный Урал) 24

Нгуен З.Х., Игнатов П.А., Нгуен Ч.Т., Танг Д.Н. Минералого-геохимические характеристики свинцово-цинковых месторождений района Чодон-Чодьен Северного Вьетнама . . 31

Иванов Д.В., Толстов А.В., Иванов В.В. Геологическое строение и вещественный состав кимберлитового тела Январское (Далдыно-Алакитский алмазоносный район) 39

Голынская Ф.А., Никонов Р.А. Применение метода многомерной классификации по эталонным точкам для определения степени самовозгораемости бурых углей угольного пласта «Мощный» Тайнинского участка Канско-Ачинского бассейна 44

Абрамов Б.Н. Особенности распределения редкоземельных элементов в рудах некоторых месторождений золота Восточного Забайкалья 48

Геофизические методы поисков и разведки

Романов В.В., Даев Д.С., Чесалов Л.Е., Посеренин А.И. Определение геофизических и физико-механических свойств на примере четвертичных грунтов Сергиево-Посадского района 59

Геоэкология

Ганова С.Д., Скопинцева О.В. Мониторинг поверхностных вод и донных отложений на территории расположения объектов транспорта газа в криолитозоне 64

Краткие сообщения

Комаров В.Н., Гапоненко Е.С., Тарасов М.С. *Hadrocheilus* (Lozovskia) — новый подрод ринхолитов из верхнебарремских отложений Юго-Западного Крыма 69

Ганова С.Д., Скопинцева О.В., Исаев О.Н., Федотова В.П. Визуальная оценка состояния участков расположения линейных объектов Хасырейского месторождения . 71

Черепанский М.М., Обухова А.Б. Гидрогеологические основы использования отработанных карьерных пространств 75

Третьяк А.Я., Швец В.В. Реагентный метод регенерации гидрогеологических скважин 78

PROCEEDINGS OF HIGHER EDUCATIONAL ESTABLISHMENTS
GEOLOGY AND EXPLORATION
2018, N 5

CONTENTS

Geology

- Baluev A.S., Kolodyazhny S.Yu., Terekhov E.N., Lebedev V.A., Serov P.A. Problems of the time of foundation and the tectonic evolution of the Onega — Kandalaksha paleorift in the light of the data of isotopic geochronology 5

Mineralogy, petrography, lithology

- Petrochenkov D.A. Mineral composition and gemological characteristics of the fossil marine reptiles of the Ulyanovsk region . . 12

Useful minerals, methods of their prospecting and exploration

- Nikiforova Z.S. Geological-structural control and criteria of forecasting the types of primary sources of placer gold on the East of Siberian platform 17
- Boguslavskiy M.A., Khudyakov S.O. Characteristics of native gold at Kosumnerskoe placer gold deposit (the Nether-Polar Urals) 24
- Hung Nguyen Duy, Ignatov P.A., Thanh Nguyen Trung, Nam Tang Dinh. Mineralogical-geochemical characteristics of lead — zinc deposits in Chodon-Chodien area, North-Eastern Vietnam 31
- Ivanov D.V., Tolstov A.V., Ivanov V.V. Geological structure and material composition of the kimberlite body «Yanvarkoe» (Daldyn-Alakit diamond-bearing district) 39
- Golynskaya F.A., Nikonov R.A. Methodology of multi-dimensional classification according to the reference points for the

- determination of the degree of coal spontaneous combustion at the Tainin section of Kansk Deposit of Kanskoy basin 44
- Abramov B.N. Peculiarities of the distribution of rare-earth elements in the ores of some gold deposits of Eastern Transbaikalia 48

Geophysical methods of prospecting and exploration

- Romanov V.V., Daev D.S., Chesalov L.E., Poserenin A.I. Estimation of geophysical and physical and mechanical properties on the example of quaternary soils of Sergiev Posad district . . 59

Geoecology

- Ganova S.D., Skopintseva O.V. Monitoring of surface water and bottom sediments at the area of the gas transportation objects in the cryolithozone 64

Brief reports

- Komarov V.N., Gaponenko E.S., Tarasov M.S. Hadrocheilus (Lozovskia) — a new subgenus of rhyncholites from the Upper Barremian deposits of South-Western Crimea 69
- Ganova S.D., Skopintseva O.V., Isaev O.N., Fedotova V.P. Visual evaluation of the condition of sites of location of linear objects of the Khasyrei deposit 71
- Tscherepansky M.M., Obukhova A.B. Hydrogeological foundations of the usage of depleted pits areas 75
- Tret'yak A.Ya., Shwets V.V. The reagent method of the hydrogeological wells regeneration 78

ГЕОЛОГИЯ

УДК 551.24(268.46):550.93

ПРОБЛЕМЫ ВРЕМЕНИ ЗАЛОЖЕНИЯ И ТЕКТОНИЧЕСКОЙ ЭВОЛЮЦИИ
ОНЕЖСКО-КАНДАЛАКШСКОГО ПАЛЕОРИФТА В СВЕТЕ ДАННЫХ
ИЗОТОПНОЙ ГЕОХРОНОЛОГИИ

*А.С. БАЛУЕВ¹, С.Ю. КОЛОДЯЖНЫЙ¹, Е.Н. ТЕРЕХОВ¹,
В.А. ЛЕБЕДЕВ², П.А. СЕРОВ³*

*¹Геологический институт (ГИН) РАН
7, Пыжевский пер., г. Москва 119017, Россия
e-mail: albaluev@yandex.ru*

*²Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии (ИГЕМ) РАН
35, Старомонетный пер., г. Москва 119017, Россия
e-mail: leb@igem.ru*

*³Геологический институт Кольского научного центра (ГИ КНЦ) РАН
14, Ферсмана ул., г. Апатиты Мурманской обл. 184209, Россия
e-mail: serov@geoksc.apatity.ru*

Кандалакшский грабен, расположенный в акватории Белого моря, входит в состав Онежско-Кандалакшского палеорифта рифейского заложения. Его выполняют терригенные образования терской свиты мощностью от 3 до 8 км. Возраст пород терской свиты до сих пор остаётся дискуссионным и по разным данным колеблется от 1300 до 670 млн лет. Это значит, что и время формирования Кандалакшского грабена точно не определено. В 2016 г. на Терском берегу Кольского п-ова была отобрана проба из песчаников свиты. По концентрату серицита из этой породы К-Аг изотопным методом определён возраст породы 1390 ± 25 млн лет, т. е. рубеж раннего и среднего рифея. Это соответствует времени начала растяжения литосферы континентального рифтинга. Кварц-микроклиновые метасоматиты, образованные по песчано-сланцевой толще терской свиты в зоне аметистового месторождения мыса Кораблик дали возраст, определённый Sm-Nd методом, 821 ± 170 млн лет, а флюорит из этих же пород — 690 ± 71 млн лет. Последнее значение близко к возрасту базальтов из Онежской впадины, установленного тем же методом. Эти данные коррелируют с импульсом растяжения пассивной тиманской окраины Балтики в конце позднего рифея.

Ключевые слова: Онежско-Кандалакшский палеорифт, терская свита, К-Аг и Sm-Nd изотопные методы.

PROBLEMS OF THE TIME OF FOUNDATION AND THE TECTONIC EVOLUTION OF THE ONEGA-KANDALAKSHA PALEORIFT IN THE LIGHT OF THE DATA OF ISOTOPIC GEOCHRONOLOGY

A.S. BALUEV¹, S.YU. KOLODYAZHNY¹, E.N. TEREKHOV¹, V.A. LEBEDEV², P.A. SEROV³

¹*Geological Institute of Russian Academy of Sciences
7, Pyzhevsky lane, Moscow 119017, Russia
e-mail: albaluev@yandex.ru*

²*Institute of Geology of Ore Deposits, Petrography, Mineralogy and Geochemistry, Russian Academy of Sciences
35, Staromonetny lane, Moscow 119017, Russia
e-mail: leb@igem.ru*

³*Geological Institute of the Kola Science Center of the Russian Academy of Sciences
1, Fersman st., Apatity 184209, Murmansk Region, Russia
e-mail: serov@geoksc.apatity.ru*

Kandalaksha graben, located in the water-area of the White sea, is a part of the Onega-Kandalaksha paleorift of the Riphean time of foundation. It is filled with the terrigenous formations of the Terskaya suites ranging from 3 to 8 km by depth, while the age of the rocks of the Terskaya suite is still controversial, and according to different sources, ranges from 1300 to 670 Ma. This means that the time of the formation of Kandalaksha Graben is not precisely defined. In 2016, on the Tersky Bank of the Kola Peninsula, a sample of sandstones of the suite was selected. The age of the rock of 1390 ± 25 Ma, i.e. the boundary of the early and middle Riphean, was determined by the K-Ar isotope method. This corresponds to the time of the beginning of the stretching of the lithosphere and continental rifting. Quartz-microcline metasomatites formed on sand-shale spit of Terskaya suite in the zone of amethyst deposit of Cape Korablik gave the age of 821 ± 170 Ma, determined by Sm-Nd method, and fluorite of the same rocks gave the age of 690 ± 71 Ma. The last value is close to the age of the basalts from the Onega depression, defined by the same method. These data correspond to the momentum of stretching of the passive Timan margin of the Baltic area at the end of the late Riphean.

Key words: Onega-Kandalaksha paleorift; Terskaya suite; K-Ar and Sm-Nd isotope methods.

Несмотря на более чем полувековую историю изучения Онежско-Кандалакшского палеорифта, время его заложения и эволюции до сих пор являются дискуссионными в связи с неоднозначными данными изотопной геохронологии. Кандалакшский грабен, входящий в состав Онежско-Кандалакшского палеорифта, в пределах акватории Белого моря практически сливается с Керецким грабеном Керецко-Пинежского палеорифта. Оба палеорифта входят в рифтовую систему Белого моря, чётко выраженную в рельефе кристаллического фундамента Восточно-Европейской платформы, который погружается к юго-востоку под осадочный чехол Мезенской синеклизы (рис. 1) [2]. О заполнении Кандалакшского и Керецкого грабенов можно судить лишь по северо-восточному пологому борту Керецкого грабена, обнажающегося на поверхности вдоль южного побережья Кольского п-ова, а также по данным сейсмостратиграфического профилирования акватории Белого моря. Обнажения рифейских образований наблюдаются от мыса Турый на западе до р. Русинга на востоке, т. е. на протяжении 300 км. На Государственной геологической карте Российской Федерации масштаба 1:1000000 [5] выходящие на дочетвертичную поверхность рифейские образования выделены в оленицкую серию. На побережье серия образована терской, чапомской и турьинской свитами. Общая

мощность рифейских толщ в акватории Белого моря оценивается в 3000—8000 м, известная мощность оленицкой серии на побережье превышает 715 м [5].

Литологическая характеристика грабенового выполнения Онежско-Кандалакшского палеорифта. Наиболее проблематично положение турьинской свиты серых кварцитовидных песчаников, фенитизированных на контакте со щелочной интрузией Турьего п-ова, возраст которой оценивается как позднедевонский — 380—360 млн. лет [8]. Они залегают трансгрессивно на раннепротерозойских гранодиоритах, а с терской свитой контакты турьинской свиты не известны. В песчаниках турьинской свиты обнаружены редкие микрофоссилии. Поэтому, возможно, что турьинская свита соответствует низам среднего рифея или нижнему рифею [11]. Породы турьинской свиты местами интенсивно дислоцированы, при этом характер складок не позволяет их однозначно связывать с внедрением щелочного массива.

Терригенные отложения терской свиты, распространённые на южном побережье Кольского п-ова и выполняющие грабены Онежско-Кандалакшского и Керецко-Пинежского палеорифтов (рис. 1), представляют собой преимущественно красноцветные плохо сортированные песчаники с прослоями алевролитов и аргиллитов. На большей части

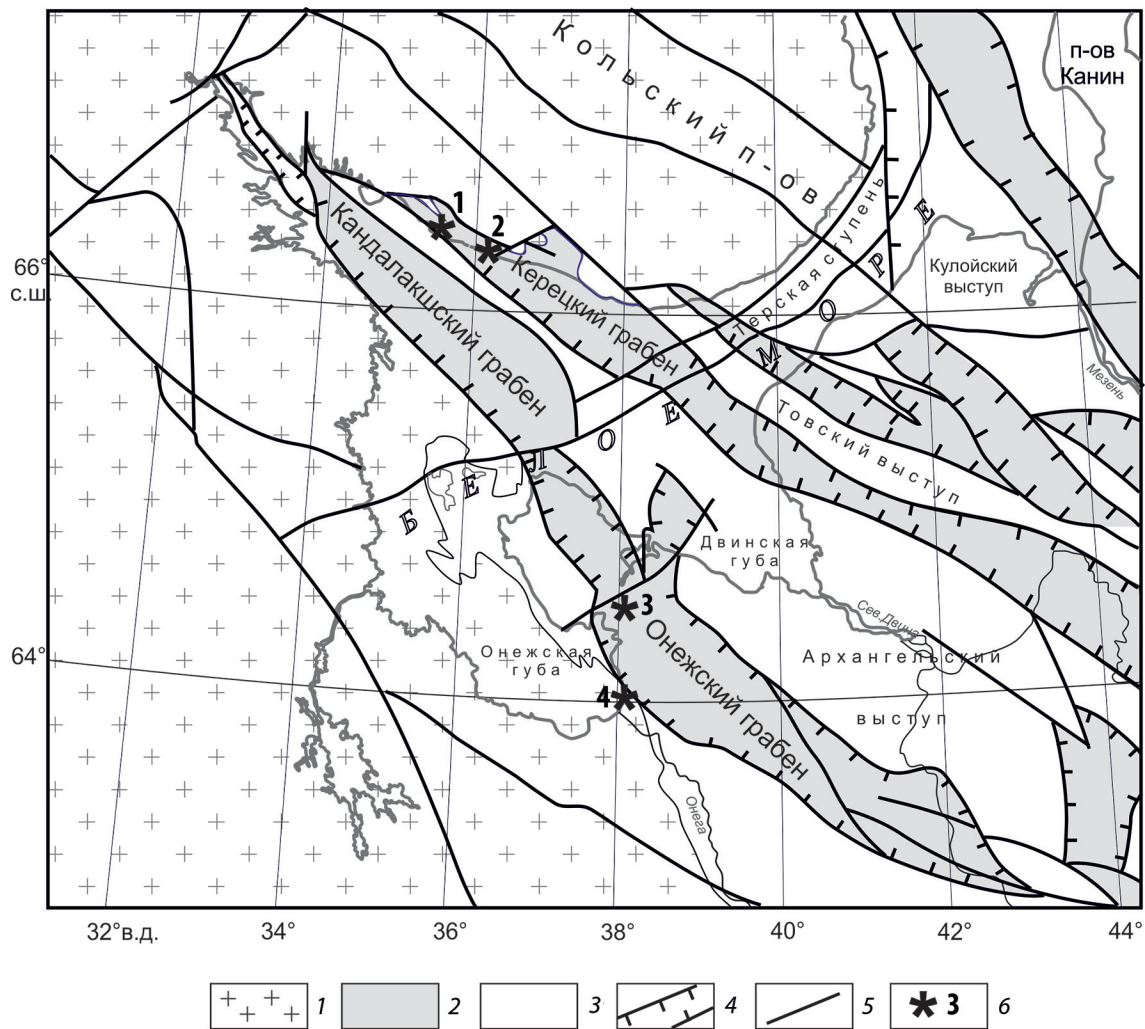


Рис. 1. Тектоническая схема палеорифтовой системы Белого моря (по [2] с дополнениями): 1 – Балтийский щит; 2 – терригенный комплекс пород рифейского возраста, выполняющий рифтовые впадины; 3 – венд-палеозойский платформенный чехол, перекрывающий рифтогенные впадины; 4 – разломные ограничения рифтогенных грабенов; 5 – прочие разломы; 6 – места отбора проб на изотопное датирование: 1 – Ермаковский ручей, 2 – аметистовое месторождение «Корабль», 3 – Солонзерская скважина, 4 – дайки флюидизаторов на Кий-острове и на берегу Онежского залива Белого моря у с. Покровское

территории породы терской свиты трансгрессивно перекрывают различные образования архей-палеопротерозойского фундамента, среди которых преобладают амфиболовые и слюдяные гнейсы и мигматиты. В основании терригенного разреза терской свиты залегает пачка базальных конгломератов (р. Кица, руч. Кашкаранский, скв. № 12 — дер. Моисеево). Для всего разреза характерны коричневая с различными оттенками окраска пород, общая параллельная слоистость с моноклиальным падением 2–10° на юго-запад в сторону моря. Для внутреннего строения отдельных песчаных слоёв и пачек иногда типична косая слоистость. Особенности пород терской свиты являются многочисленные трещины усыхания, знаки ряби, отпечатки дождевых капель, гиероглифы и проблематичные образования, напоминающие следы жизнедеятельности мелких аннелидоморфных организмов, а также диагенетические пятнистые текстуры (текстуры «оглиения»).

Формировались песчаники терской свиты в условиях мелководного бассейна, о чем свидетельствуют наличие многочисленных прослоев косослоистых песчаников и знаков ряби, ориентировка галек и гравия в конгломератах и многие другие признаки. В мелководных условиях при блоковом строении фундамента в процессе осадконакопления были возможны незначительные локальные перерывы в накоплении песчаников. Эти перерывы отражены в разрезе наличием маломощных слоёв и линз конгломератов с галькой и гравием алевролитов. Плохая окатанность и сортировка обломочного материала, наличие в разрезе обломков подстилающих пород и их составных частей, легко подвергающихся процессам выветривания, свидетельствуют о близости осадочного бассейна, в котором происходило формирование пород свиты и области сноса обломочного материала, которым сложены эти породы.

Возраст пород терской свиты до настоящего времени остаётся дискуссионным. Он интерпрети-

ровался в широком интервале — от иотния (средний рифей) до девона [4]. В последние годы стратиграфическое положение терской свиты устанавливается по соотношению с раннепротерозойскими гранитоидами, на которых они залегают, и с позднедевонскими интрузиями щелочных пород (в том числе и трубками взрыва), которые секут красноцветные песчаники терской свиты. В результате палинологических и микропалеонтологических исследований терские песчаники были отнесены к верхнему рифею. Органические остатки представлены немногочисленными микрофоссилиями, среди которых отмечены следующие таксоны: *Leiosphaeridiadensum* (Tim.), *Kildinellasinica* Tim., *Trematosphaeridiumholtedahlia* Tim., *Leio minusculaminuta* Naum [11]. Возраст слюдисто-глинистого цемента алевролитов красноцветной толщи терской свиты, распространенной на южном побережье Кольского п-ова (Терский берег) и выполняющей Керещкий и Кандалакшский грабены, по К-Аг изотопным датировкам составляет 1263 ± 40 и 1080 ± 40 млн. лет [6]. Вероятнее всего, породы терской свиты трансгрессивно «выплескиваются» на плечо Керещкого рифтогенного прогиба, а породы более низких уровней разреза рифея скрыты в глубокой части прогиба.

В Керещком грабене на Зимнем берегу бурением вскрыта мощная толща красноцветных разнозернистых песчаников, сходных с рифейскими отложениями Кандалакшского грабена. Мощность относимых к рифею образований в Керещком грабене в целом оценивается в 1,5–2,0 км, а в Белом море — до 4 км [2].

Как было отмечено ранее [2], все впадины палеорифтовой системы Белого моря выполнены терригенными осадочными породами, часто красноцветными, и лишь в разрезе рифея Онежского грабена на глубине более 620 м бурением вскрыты (рис. 1, точка 3) покровы базальтов, долеритов и вулканокластических пород солозерской свиты, для которых К-Аг-методом первоначально был определен возраст 1300 млн. лет [7]. Впоследствии время формирования базальтов солозерской толщи было пересмотрено в сторону уменьшения по Sm-Nd датировкам до 667 ± 31 млн. лет, что соответствует возрасту пограничных горизонтов верхнего рифея и нижнего венда, а Sm-Nd изотопно-геохимические характеристики предполагают астеносферный источник и плюмовую природу этих базальтов [9, 10]. Нижележащая часть разреза за-

полняющих Онежский грабен образований мощностью более 4 км остаётся неизвестной, но очевидно, что нижележащие горизонты должны быть более древние. Возраст солозерских базальтов сопоставим с наиболее ранним импульсом позднерифейско-вендского магматизма на западе Урала. Вероятно, базальты Онежско-Кандалакшского палеорифта совместно с позднерифейско-вендской Уральской магматической провинцией маркируют протяжённую позднерифейско-вендскую пассивную окраину Балтики [10].

В определённой степени показателем времени проявления эндогенной активности в пределах Онежско-Кандалакшской рифтовой структуры могут служить и эксплозивные брекчии позднедевонского возраста, известные на островах и побережье Кандалакшского залива, а также схожие с ними по облику и строению дайки брекчиевидных пород (флюидизаты), приуроченные к юго-западному плечу Онежского грабена (о. Кий и юго-восточное побережье Белого моря у с. Покровское; точка 4 на рис. 1). Цементирующая масса флюидизатов представлена вулканическим стеклом основного состава, которое в существенной мере карбонатизировано под воздействием глубинной углекислоты [3]. Возраст этих пород определен по цирконам вторичной генерации из цементирующей массы $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ термоэмиссионным методом — 1,10–1,12 млрд. лет. Эта датировка совпадает со временем проявления процессов рифтогенеза и связанным с ними формированием даек флюидизатов, которые образовались в результате консолидации твёрдогазовых взвесей внутри трещин при прорыве к поверхности глубинных флюидов [1].

Новые данные по изотопному возрасту осадочного выполнения Кандалакшского грабена. В 2016 г. на Терском берегу Кольского п-ова в русле ручья Ермаков (рис. 1, точка 1) нами были отобраны образцы алевролитов терской свиты, возраст которых определен Sm-Nd методом в лаборатории геохронологии и изотопной геохимии ГИН КНЦ РАН. Результаты изучения изотопных отношений в этих трёх пробах не образуют изохрону. При этом значения вычисленных величин ϵNd для данных проб попадают в диапазон от -15,98 до -18,36, а оценки модельных возрастов составили 2,16, 2,32 и 2,36 млрд. лет (табл. 1). Эти оценки соответствуют верхней возрастной границе пород в источнике сноса, каковым являлся Балтийский щит.

Таблица 1

Изотопные Sm-Nd данные для алевролитов терской свиты Кольского полуострова

Номер п/п	Номер образца	Порода	Sm, мкг/г	Nd, мкг/г	$^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$	$^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$	T_{Dm} млн. лет	$\epsilon\text{Nd}(T)$
1	B-1610	Алевролит	5,864	28,092	0,126168	0,511819	2161	-15,98
2	B-1611	То же	5,495	24,171	0,137405	0,511718	2324	-17,95
3	B-1609	"—"	5,640	28,143	0,121136	0,511697	2357	-18,36

Примечание. Среднее значение по $N=11$ по стандарту JNd_1-1 на период измерений (14.11.2016) $0,512081 \pm 13$.

В той же лаборатории тем же методом возраст кварц-микроклиновых метасоматитов, образованных по песчано-сланцевой толще терской свиты в зоне аметистового месторождения мыса Корабль (рис. 1, точка 2), определён по трём анализам 821 ± 170 млн. лет (рис. 2, 1). Аметистовые и кварц-флюоритовые жилы секут метасоматиты. Sm-Nd изотопное датирование трёх проб флюорита из этих жил дало изохронный возраст 690 ± 71 млн. лет (рис. 2, 2). Довольно значительные отрицательные величины $\epsilon\text{Nd}(T)$ для метасоматитов и флюорита ($-11,3$ и $-12,1$, соответственно) свидетельствуют о высокой роли коровых флюидов в формировании метасоматитов и связанной с ними аметист-флюоритовой минерализации. Следует отметить, что возраст последней очень близок ко времени внедрения базальтов солозерской толщи Онежского грабена.

В Ермаковском ручье (рис. 1, точка 1) была отобрана проба из серицитизированных тонкозернистых песчаников, рассланцованных по плоскостям напластования, из которой был выделен концентрат серицита. Порода состоит из плохо окатанных обломков кварца (91–93%) размером от 0,01 до 0,11 мм, рудного минерала ($\approx 5\%$), биотита (1–2%), мусковита (1–2%), плагиоклаза ($< 1\%$), циркона ($< 1\%$), апатита ($< 1\%$), с кальцитовым поровым и крустификационным цементом. Серицит в породе, скорее всего, образовался на стадии катагенеза, что характерно для этой стадии преобразования осадка в породу [14].

По концентрату серицита, выделенного из этого образца породы, в лаборатории изотопной геохимии и геохронологии ИГЕМ РАН было определён K-Ar изотопный возраст породы (табл. 2). Определение содержания радиогенного аргона проводилось на масс-спектрометре МИ-1201 ИГ методом изотопного разбавления с применением в качестве трассера ^{38}Ar , определение калия — методом пламенной спектрофотометрии.

Расчёт возраста концентрата серицита K-Ar изотопным методом показал значение 1390 ± 25 млн. лет, т. е. рубеж раннего и среднего рифея. Это наиболее древний возраст, полученный по осадочной толще терской свиты, выполняющей Кандалакшский грабен. Учитывая то, что этот возраст был получен для верхних слоёв моноклинально залегающей терригенной толщи, выполняющей грабен, мощность которой по сейсмическим данным достигает 8 км [2], очевидно, что нижележащие гори-

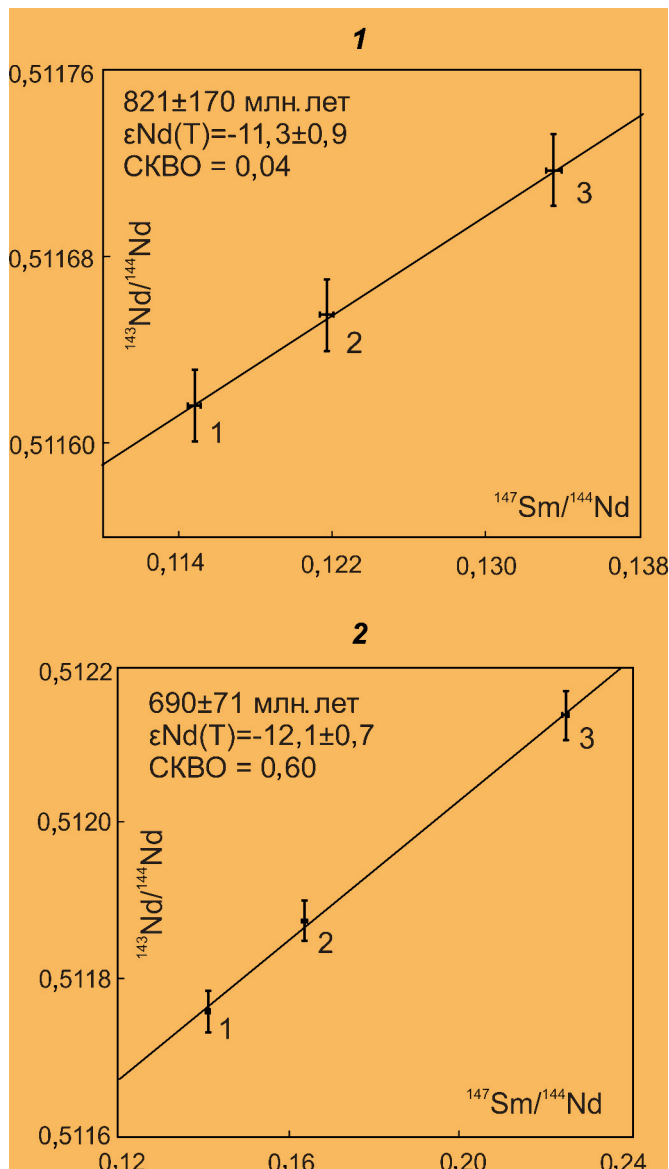


Рис. 2. Изотопная Sm-Nd-изохрона для кварц-микроклиновых метасоматитов (1) и для флюорита из кварц-микроклиновых метасоматитов (2) терской свиты Кольского п-ова

зонты древнее. Это позволяет отнести время заложения Кандалакшского грабена по крайней мере к позднему этапу раннего рифея, что косвенно подтверждает предположения некоторых исследователей [12]. Заметим, что полученная нами датировка серицита из песчаников терской свиты почти совпадает с возрастом вулканогенной толщи збраньковской свиты (1385 ± 35 млн. лет) [13], выполняющей Овручский рифтогенный грабен, расположенный в северной части Украинского щита.

Таблица 2

Изотопные K-Ar-данные для серицита из песчаников терской свиты Кольского полуострова

Проба	Материал	Калий, % $\pm \sigma$	$^{40}\text{Ar}_{\text{рад}}$ (нг/г) $\pm \sigma$	Возраст млн. лет $\pm 2\sigma$
В-1610	Концентрат серицита	$2,64 \pm 0,03$	$382,9 \pm 1,3$	1390 ± 25

Примечание. При расчёте возраста использованы константы: $\lambda_K = 0,581 \cdot 10^{-10} \text{год}^{-1}$, $\lambda_{\beta} = 4,962 \cdot 10^{-10} \text{год}^{-1}$, $^{40}\text{K} = 0,01167 (\text{ат.}\%)$.

Заключение

Проблема оценки времени заложения рифтогенных грабенов Онежско-Кандалакшского палеорифта и накопления выполняющих их породных комплексов является довольно сложной задачей вследствие неоднозначности данных определения возрастов слагающих пород. По имеющимся данным можно предположить:

1. Начало заложения зоны континентального рифтинга на консолидированной коре северо-восточной окраины Балтики (древнего остова Восточно-Европейского кратона) приходится на конец раннего рифея, что, вероятно, связано с началом растяжения литосферы, в последующем предопределившего распад суперконтинента Палеопангеи 1265—1240 млн. лет назад.

2. Рифтогенные грабены заполнялись продуктами разрушения кристаллических комплексов, участвующих в строении источников сноса, которыми

являлись комплексы фундамента палеопротерозойского возраста консолидации.

3. Формирование даек брекчиевидных флюидизатов, происходившее 1,10—1,12 млрд. лет назад на юго-западном плече Онежского грабена, связывается с возросшей эндогенной активностью Онежско-Кандалакшского палеорифта во время аккреции суперконтинента Родинии.

4. В конце позднего рифея импульс растяжения тиманской окраины Балтики, связанный с распадом Родинии, вызвал проявления основного магматизма и интенсивной флюидной деятельности, приведшей к формированию кварц-микроклиновых метасоматитов с аметист-флюоритовой минерализацией в рифтогенных грабенах северо-восточного сегмента Восточно-Европейского кратона.

Работа выполнена в рамках бюджетной темы № 0135-2016-0012 при финансовой поддержке программы Президиума РАН № 19 (проект № 0135-2018-0040) и проекта РФФИ № 18-05-00485.

ЛИТЕРАТУРА

1. Балуев А.С., Глуховский М.З., Терехов Е.Н. Об эндогенном происхождении и возрасте брекчиевидных пород юго-восточного Беломорья // Структура, геодинамика и минералогические процессы в литосфере. Мат. XI Международной научной конференции (Сыктывкар, 20—22 сентября 2005 г.). Институт геологии Коми НЦ УрО РАН. Сыктывкар: Геопринт, 2005. С. 24—26.
2. 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) // Тр. ГИН РАН. Вып. 597. М.: ГЕОС, 2012. 104 с.
3. Балуев А.С., Моралев В.М., Пржиалговский Е.С., Терехов Е.Н., Сукач В.С. О вероятном эндогенном происхождении конгломератоподобных пород юго-восточного побережья Белого моря // Литология и полезные ископаемые. 2003. № 4. С. 412—424.
4. Геология СССР. Т. XXVII. Мурманская область, ч.1. М.: Госгеолтехиздат, 1958. 716 с.
5. Государственная геологическая карта РФ. Масштаб 1:1 000 000 (новая серия). Лист Q-(35)-37 — Кировск. Объяснительная записка. СПб.: ВСЕГЕИ, 2004. 268 с.
6. Коноплева Н.Г. Основные вопросы стратиграфии верхнего докембрия Балтийского щита и прилегающих территорий // Стратиграфия верхнего протерозоя СССР (рифей и венд). Л.: Наука, 1979. С. 125—129.
7. Константиновский А.А. Рифейский Онежско-Кандалакшский грабен Восточно-Европейской платформы // Геотектоника. 1977. № 3. С. 38—45.
8. Крамм У., Когарко Л.Н., Кононова В.А. Средний и поздний девон — краткий период магматической активно-

- сти в палеозойской Кольской щелочной провинции (Россия и Финляндия) // Магматизм рифтов и складчатых поясов. М.: Наука, 1993. С. 148—168.
9. Носова А.А., Ларионова Ю.О., Самсонов А.В., Веретенников Н.В., Лебедев В.А. Изотопное ограничение базальтов Солозера (Кандалакшско-Двинский рифт): новые данные о неопротерозойском внутриплитном магматизме Восточно-Европейской платформы // Изотопное датирование процессов рудообразования, магматизма, осадконакопления и метаморфизма. Мат. III Рос. конференции по изотопной геохронологии. Т. 2. М.: ГЕОС, 2006. С. 81—86.
10. Носова А.А., Ларионова Ю.О., Веретенников Н.В., Юткина Е.В. Корреляция неопротерозойского вулканизма Юго-Восточного Беломорья и Западного Урала: новые данные об изотопном возрасте базальтов Солозера (Онежский грабен) // Доклады РАН. 2008. Т. 418. № 6. С. 811—816.
11. Рагозина А.Л., Степкин Е.В. Стратиграфия и корреляция рифейских и вендских отложений Кольского полуострова // Стратиграфия верхнего протерозоя СССР (рифей и венд). Л.: Наука, 1979. С. 129—132.
12. Хераскова Т.Н., Сапожников Р.Б., Волож Ю.А., Антипов М.П. Геодинамика и история развития севера Восточно-Европейской платформы в позднем докембрии по данным регионального сейсмического профилирования // Геотектоника. 2006. № 6. С. 33—51.
13. Щербак Н.П., Бартницкий Е.Н., Луговая И.П. Изотопная геология Украины. Киев: Наук. думка, 1981. 248 с.
14. Япаскурт О.В. К вопросу о катагенезе осадочных горных пород // Бюл. МОИП. Отд. Геол. 2015. Т. 90. Вып. 4. С. 53—59.

REFERENCES

1. Baluev A.S., Glukhovskiy M.Z., Terekhov E.N. On the endogenous origin and age of brecciated rocks of the southeastern white sea region. *Structure, geodynamics and mineralogical processes in the lithosphere: proceedings of the XI international scientific conference (Syktvykar, September 20—22, 2005)*, Institute of Geology Komi scientific center of Ural branch RAS. Syktvykar: Geoprint Publ., 2005, pp. 24—26. (In Russian).
2. Baluev A.S., Zhuravlev V.A., Terekhov E.N., Przhialgovskiy E.S. *Tectonics of the White Sea and adjacent areas (The explanatory notes to «Tectonic Map of the White Sea and adjacent areas», at a Scale of 1:1500000)*, Editor-in-Chief M.G. Leonov, Issue 597; M., GEOS Publ., 2012, 104 p. (In Russian).
3. Baluev A.S., Moralev V.M., Przhialgovskiy E.S., Terekhov E.N., Sukach V.S. On Probable Endogenic Origin of Conglomerate-Like Rocks from the Southeastern Coast of the White

- Sea. *Lithology and Mineral Resources*, 2003, no 4, pp. 412—424. (In Russian).
4. Geology of the USSR. T. XXVII. *Murmansk region, part 1*. M., Gosgeoltekhizdat Publ., 1958, 716 p. (In Russian).
5. *State geological map of the Russian Federation. Scale 1: 1 000 000 (new series). Sheet Q—(35)—37-Kirovsk. Explanatory note*. S-Pb., VSEGEI Publ., 2004, 268 p. (In Russian).
6. Konopleva N.G. Main issues of upper Precambrian stratigraphy of the Baltic shield and adjacent territories. *Stratigraphy of the upper Proterozoic of the USSR (Riphean and Vendian)*. Leningrad: Nauka Publ., 1979, pp. 125—129. (In Russian).
7. Konstantinovskiy A.A. The Riphean age of the Onega-Kandalaksha Graben of the East European platform. *Geotektonics*, 1977, no 3, pp. 38—45. (In Russian).

8. Kramm U., Kogarko L.N., Kononova V.A., Middle and late Devon — a brief period of magmatic activity in the Paleozoic Kola alkaline province (Russia and Finland). *Magmatism of rifts and folded belts*. M., Nauka Publ., 1993, pp. 148–168. (In Russian).
9. Nosova A.A., Larionova Yu.O., Samsonov A.V., Veretennikov N.V., Lebedev V.A. Isotope limit of basalts Solosera (Kandalaksha-Dvina rift): new data on Neoproterozoic intraplate magmatism of the East European platform. *Isotope Dating of ore formation, magmatism, sedimentation and metamorphism. Proceedings of the III Russian Conference on isotope geochronology*. T. 2. M., GEOS Publ., 2006, pp. 81–86. (In Russian).
10. Nosova A.A., Larionova Yu.O., Veretennikov N.V., Yutkina E.V. Correlation of Neoproterozoic Volcanism in the Southeastern White Sea Region and Western Urals: New Age Data on the Solozero Basalts (Onega Graben). *Doklady Earth Sciences*, 2008, T. 419, no 1, pp. 303–307.
11. Ragozina A.L., Stepkin E.V. Stratigraphy and correlation of the Riphean and Vendian deposits of the Kola Peninsula. *Stratigraphy of the upper Proterozoic of the USSR (Riphean and Vendian)*. Leningrad: Nauka Publ., 1979, pp. 129–132. (In Russian).
12. Kheraskova T.N., Sapozhnikov R.B., Volozh Yu.A., Antipov M.P. Geodynamics and Evolution of the Northern East European Platform in the Late Precambrian as inferred from Regional Seismic Profiling. *Geotektonics*, 2006, no 5, pp. 434–449.
13. Shcherbak N.P., Bartnitskiy E.N., Lugovaya I.P. *Isotope Geology of Ukraine*. Kiev: Naukova dumka Publ., 1981, 248 p. (In Russian).
14. Yapaskurt O.V. More on Katagenesis of Sedimentary Rocks. *Bulletin of the Moscow society of nature testers. The Department of geological*, 2015, T. 90, no 4, pp. 53–59. (In Russian).

МИНЕРАЛОГИЯ, ПЕТРОГРАФИЯ, ЛИТОЛОГИЯ

УДК 553.5:549 (470.42)

**МИНЕРАЛЬНЫЙ СОСТАВ И ГЕМОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ
ОКАМЕНЕЛОСТЕЙ МОРСКИХ РЕПТИЛИЙ УЛЬЯНОВСКОЙ ОБЛАТИ**

Д.А. ПЕТРОЧЕНКОВ

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

Окаменелости морских рептилий являются новым ювелирно-поделочным материалом и собираются в Ульяновской области из верхнеюрских отложений. Окаменелости состоят (мас. %): кальцит 52, апатит 24 и пирит 23, присутствует гипс. Содержания радиоактивных и канцерогенных элементов близко к фоновым. Сохраняется исходная костная структура рептилий. Апатит замещает костную ткань морских рептилий, образуя ячеистый каркас. По химическому составу апатит относится к фторгидроксиапатиту с повышенным содержанием Sr. Размер кристаллов тонкодисперсный. Кальцит и пирит выполняют центральные части ячеек. Кристаллы кальцита изометричной и удлинённой форм, размером 0,01—0,05 мм, при срастании образуют блоки до 0,3 мм. Кальцит выполняет тонкие прерывистые прожилки по контуру ячеек шириной до 0,03 мм. В кальците из элементов-примесей присутствуют, в среднем (мас. %): Mg 0,30, Mn 0,39 и Fe 0,96. Пирит образует дисперсную вкрапленность в кальците и апатите, из элементов-примесей присутствуют содержания (мас. %): Ni до 0,96 и Cu до 0,24. По технологическим и декоративным характеристикам окаменелости морских рептилий Ульяновской области являются качественным ювелирно-поделочным материалом биоминеральной группы, позволяющим изготавливать широкий ассортимент ювелирных и сувенирных изделий.

Ключевые слова: ювелирно-поделочное сырьё; ювелирные изделия; морские рептилии; кальцит; верхнеюрские отложения; Ульяновская область.

DOI:10.32454/0016-7762-2018-5-12-16

**MINERAL COMPOSITION AND GEMOLOGICAL CHARACTERISTICS
OF THE FOSSIL MARINE REPTILES OF THE ULYANOVSK REGION**

D.A. PETROCHENKOV

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

Fossils of marine reptiles are a new jewelry and ornamental material and collected in the Ulyanovsk region from the Upper Jurassic deposits. They consist of (wt. %): calcite — 52, apatite — 24 and pyrite — 23, and also gypsum presents. The contents of radioactive and carcinogenic elements are close to background. The original bone structure of reptiles is preserved. Apatite replaces the bone tissue of marine reptiles, forming a cellular framework. According to the chemical composition, apatite refers to fluorohydroxyapatite with an increased Sr content. The size of the crystals is finely-dispersed. Calcite and pyrite fill the central parts of the cells. Calcite crystals of isometric and elongated shape, 0,01—0,05 mm in size, form blocks up to 0,3 mm during intergrowth. Calcite fills thin, discontinuous veins along the contour of cells with a width of up to 0,03 mm. In calcite, among the impurity elements, there are (wt. %, on the average): Mg — 0,30, Mn — 0,39 and Fe — 0,96. Pyrite forms a dispersed impregnation in calcite and apatite, content of impurities is, wt. %: Ni — up to 0,96 and Cu — up to 0,24. On technological and decorative characteristics of fossils of sea reptiles of Ulyanovsk region are qualitative jewelry and ornamental materials of biomineral group, allowing to make a wide assortment of jewelry and souvenir products.

Keywords: jewelry and ornamental raw materials; jewelry; marine reptiles; calcite; Upper Jurassic deposits; Ulyanovsk region.

Ископаемая кость морских рептилий относится к группе биоминеральных ювелирно-поделочных материалов [1]. В эту группу входит аналогичная по составу и структуре ископаемая кость динозавров. Объекты с ископаемой костью морских рептилий и динозавров известны в Монголии, США, Канаде, а также в ряде регионов России. В качестве ювелирно-поделочного материала окаменелости морских рептилий используются достаточно редко. Однако в последнее время в Ульяновской области осуществляется сбор фрагментов ископаемых костей морских рептилий, из которых изготавливают предметы интерьера, а также кабошоны для ювелирных изделий (рис. 1). Окаменелости морских рептилий связаны с верхнеюрскими отложениями.

Методы исследований

Комплекс исследований окаменелостей морских рептилий ювелирно-поделочного качества проведён на кафедре минералогии и геммологии МГРИ-РГГРУ, в ФГБУ «ВИМС», ИГЕМ РАН. Он включал определение микротвёрдости, плотности, люминесценции, химического состава, оптико-петрографические и электронно-зондовые исследования.

Химический состав окаменелостей морских рептилий изучен методом рентгеноспектрального флуоресцентного анализа (РФА), на вакуумном спектрометре последовательного действия Axios MAX Advanced. Оптико-петрографический анализ вы-



Рис. 1. Изделия из окаменелых фрагментов морских рептилий: а — шар диаметром 39 мм на позвонке; б — кабошон 20×29 мм; в — брошь «Плиоизавр — Юрский период»

Отложения представлены известковистыми глинами, мергелем, кварц-глауконитовыми песчаниками. В разрезе присутствуют прослои битуминозных сланцев, а также карбонатные и фосфоритовые конкреции. Общая мощность верхнеюрских отложений около 40 м [2, 7].

Сбор окаменелостей морских рептилий осуществляется в весенне-летний период из склоновых отложений и в зоне пляжа р. Волга без сооружения горных выработок и нарушения экологии. Отдельные куски окаменелостей имеют массу несколько килограмм, что позволяет изготавливать и крупные сувенирные изделия. Отметим, что в России окаменелости морских рептилий не рассматриваются в качестве ювелирно-поделочного сырья [6], что осложняет использование действующей нормативно-правовой базы по недропользованию, сдерживая их добычу.

В Ульяновской области помимо окаменелостей морских рептилий добывают и другие виды ювелирно-поделочного сырья: аммониты, септарии, конкреции с фоссилиями, спектропирит, сенгилит, окаменелое дерево [3—5], что делает широким ассортимент изделий, а производство высокорентабельным. Ряд видов ювелирно-поделочного сырья остаётся геммологически не изученными. К ним относятся и окаменелости морских рептилий. Детальные минералогические и геммологические исследования окаменелостей морских рептилий проведено автором впервые. Их результаты изложены в настоящей статье.

полнен с использованием микроскопа «Полам Р-112». Микротвёрдость измерена на микротвердомере «ПМТ-3» с нагрузкой массой 50 г и экспозицией 15 с. Плотность образцов определялась гидростатическим методом на электронных весах «Sartorius Gem G150D». Люминесценция изучалась под ультрафиолетовой лампой «Multispec System Erickhorst» с λ 254 и 365 нм. Минеральный состав установлен рентгенографическим количественным фазовым анализом (РКФА) на установке «X'Pert PRO MPD». Электронно-зондовые исследования выполнены на микроанализаторе «Jeol JXA-8100», позволяющем получить химический состав по данным рентгеноспектрального микроанализа (РСМА), провести анализ образцов в обратнорассеянных электронах (ОРЭ). Содержание кислорода рассчитывалось по стехиометрии.

Результаты исследований

По данным РКФА окаменелости морских рептилий состоят (мас. %): кальцит 52, апатит 24 и пирит 23, присутствует гипс. Минеральный состав окаменелостей подтверждается результатами РФА. Высокие содержания CaO и ППП связаны с кальцитом, CaO , P_2O_5 — с апатитом, Fe_2O_3 и S — с пиритом. Низкие содержания Na_2O , Al_2O_3 , K_2O и SiO_2 свидетельствуют об отсутствии кварца и алюмосиликатов (табл. 1). Из элементов-примесей с содержанием выше 0,01 мас. % установлены: Sr 0,0803, Ba 0,0355, Y 0,0221. Содержания Cu , Zn и Ni нахо-

Таблица 1

Химический состав окаменелого позвонка морской рептилии по данным РФА

Номер пробы	Содержание компонента, мас. %											
	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	K ₂ O	CaO	TiO ₂	MnO	Fe ₂ O ₃	P ₂ O ₅	S	ППП
У-Пл	0,27	0,34	0,03	0,15	<0,01	37,98	0,01	0,25	11,87	14,43	12,17	21,86

Примечание. ППП* — потери при прокаливании.

Таблица 2

Содержание элементов-примесей в окаменелом позвонке морской рептилии по данным РФА

Номер пробы	Содержание элемента, мг/кг (×10 ⁻⁴ мас. %)															
	Cr	V	Co	Ni	Cu	Zn	Rb	Sr	Zr	Ba	U	Th	Y	Nb	Pb	As
У-Пл	<10	<10	<10	84	16	29	<10	803	<10	355	<10	<10	221	<10	<10	<10

дятся в диапазоне 0,0016—0,0084 мас. %. Отмечены низкие, близкие к фоновым содержания радиоактивных U, Th и канцерогенных (Pb, As) элементов (табл. 2).

Окаменелости морских рептилий коричневого, тёмно-коричневого цвета. Отчётливо сохраняется исходная костная структура (рис. 1, а, б). Порода плотная, непрозрачная, с раковистым неровным изломом, хорошо полируется до зеркального блеска. Плотность 2,8—3,0 г/см³. Микротвёрдость, кг/мм²: кальцит 204, апатит 325, пирит 1386. Люминесценция не проявлена.

В прозрачном шлифе видна ячеистая структура окаменелости, отражающая структуру кости морской рептилии (рис. 2, а). Размер ячеек колеблется

от 0,6 до 1 мм. Форма преимущественно округлая, реже удлинённо-эллипсовидная (рис. 2, б). Центральную часть ячеек выполняет кальцит. Кристаллы изометричной и удлинённой форм размером 0,01—0,05 мм. При срастании близко ориентированных кристаллов образуются блоки размером до 0,3 мм. Кальцит выполняет тонкие прерывистые прожилки по контуру ячеек шириной до 0,03 мм. Размер кристаллов соответствует ширине прожилков (рис. 2, б).

Апатит замещает костную ткань морской рептилии, образуя ячеистый каркас. Ширина апатитовых контуров от 0,04 до 0,2 мм (рис. 2, б). Структура апатита в шлифе не проявлена, что указывает на тонкодисперсный размер кристаллов. Пирит вы-

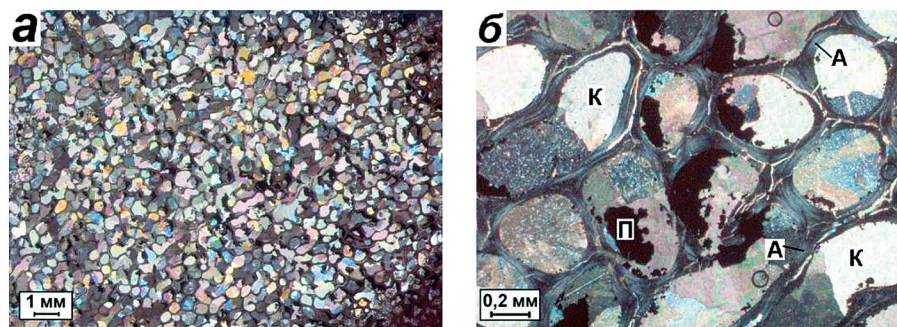


Рис. 2. Прозрачный шлиф фрагмента окаменелости морской рептилии: общий вид (а) и фрагмент детализации (б). с анализатором, X. К — кальцит, А — апатит, П — пирит

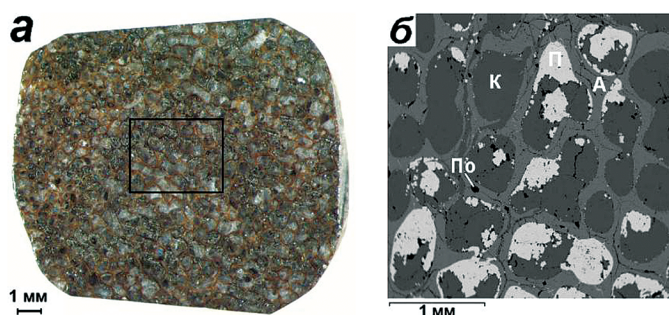


Рис. 3. Аншлиф фрагмента окаменелости морской рептилии (а) и её структура в ОРЭ (б): К — кальцит, А — апатит, П — пирит, По — поры, прямоугольник — фрагмент детального исследования

Таблица 3

Химический состав кальцита в окаменелости морской рептилии по данным РСМА

Содержание элемента, мас. %				
Mg	Mn	Fe	Ca	O
<u>0,18—0,38</u> 0,30	<u>0,20—0,53</u> 0,39	<u>0,67—1,13</u> 0,96	<u>34,44—36,38</u> 35,23	<u>14,38—15,24</u> 14,73

Примечание. Над чертой — максимальное и минимальное содержания, под чертой — среднее по 8 спектрам.

Таблица 4

Химический состав апатита в окаменелости морской рептилии по данным РСМА

Содержание элемента, мас. %							
F	Na	S	Fe	Sr	P	Ca	O
<u>3,87—4,31</u> 4,13	<u>0,48—0,60</u> 0,54	<u>0,69—0,93</u> 0,80	<u>0,22—0,50</u> 0,34	<u>0,39—0,61</u> 0,48	<u>14,77—15,24</u> 14,93	<u>35,62—35,91</u> 35,79	<u>34,99—35,63</u> 35,26

Примечание. Над чертой — максимальное и минимальное содержания, под чертой — среднее по 8 спектрам.

полняет вместе с кальцитом центральные части ячеек. Выделения пирита размером до 0,3 мм, сложной формы с неровными контурами (рис. 2, б). Характерна также дисперсная вкрапленность пирита в кальците и апатите.

В ОРЭ также отчётливо проявлена ячеистая структура окаменелости и минеральный состав (рис. 3). Число пор невелико, их размер колеблется от 1 до 80 мкм. Мелкие поры образуют прерывистые цепочки по контурам ячеек (рис. 3, б).

По данным РСМА в кальците из элементов-примесей установлены в среднем (мас. %): Mg 0,30, Mn 0,39 и Fe 0,96 (табл. 3). В апатите содержание элементов-примесей в среднем (мас. %): F 4,13, Na 0,54, Mg 0,12, S 0,80, Fe 0,34, Sr 0,48 (табл. 4), а в отдельных спектрах количество Mg и Mn достигает 0,15. По химическому составу апатит относится к фторгидроксиапатиту с повышенным содержанием Sr. Содержания S и Fe связаны с микровключениями пирита. В пирите из элементов-примесей в отдельных спектрах установлены (мас. %): Ni до 0,96 и Cu до 0,24.

Выводы

Окаменелости морских рептилий являются новым ювелирно-поделочным материалом и собираются из верхнеюрских отложений. Они состоят (мас. %): кальцит 52, апатит 24 и пирит 23, присутствует гипс. Сохраняется исходная костная структура рептилий. Апатит замещает костную ткань морских рептилий, образуя ячеистый каркас. По химическому составу апатит относится к фторгидроксиапатиту с повышенным содержанием Sr. Размер кристаллов тонкодисперсный. Кальцит и пирит выполняют центральные части ячеек. Кристаллы кальцита изометричной и удлинённой формы, размером 0,01—0,05 мм, при срастании образуют блоки до 0,3 мм. Кальцит выполняет тонкие прерывистые прожилки по контуру ячеек шириной до 0,03 мм. Для пирита характерна дисперсная вкрапленность в кальците и апатите. По технологическим и декоративным характеристикам окаменелости морских рептилий Ульяновской области являются качественным ювелирно-поделочным материалом биоминеральной группы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Буканов В.В. Цветные камни и коллекционные минералы. Энциклопедия. СПб., 2014. 464 с.
2. Геология СССР. Поволжье и Прикамье. Т. XI. Ч. 1. Геологическое описание / Под ред. А.В. Сидоренко. М.: Недра, 1967. 872 с.
3. Петроченков Д.А. Структурные особенности и минеральный состав раковин готеривских аммонитов Ульяновской области // Известия вузов. Геология и разведка. 2006. № 5. С. 26—30.
4. Петроченков Д.А. Камнесамоцветное сырьё Ульяновской области // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2006. № 5. С. 319—323.
5. Петроченков Д.А. Ружицкий В.В. Минералогические особенности ювелирного пирита из меловых отложений Ульяновской области // Разведка и охрана недр. 2018. № 4. С. 7—12.
6. Полянин В.С., Полянина Т.А., Дусманов Е.Н., Яковлева Е.И. Минерально-сырьевая база цветных камней России: перспективы её освоения и развития // Разведка и охрана недр. 2015. № 9. С. 66—76.
7. Рогов М.А., Барабошкин Е.Ю., Гужигов А.Ю., Ефимов В.М. Границы юры и мела в Среднем Поволжье. Путеводитель экскурсии «Международная научная конференция по проблеме границы юркой и меловой системы». Самара: ФГБОУ Сам. ГТУ, 2015. 130 с.

REFERENCES

1. Bukanov V.V. Colored stones and collection minerals. Encyclopedia. Saint Petersburg, 2014, 464 p. (In Russian).
2. Geology of the USSR. The Volga region and the Kama region. Geological Description, vol. XI, no. 1. 1967, Edited by A.V. Sidorenko M., Nedra Publ., 872 p. (In Russian).

3. Petrochenkov D.A. Struktura features and mineral composition of hauterivian ammonites from Ulyanovskaya area. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Geologiya i Razvedka.* — [Proceedings of higher educational establishments. *Geology and Exploration*], 2006, vol. 5, pp. 26–30. (In Russian).
 4. Petrochenkov D.A. Colored-stone raw materials from Ulyanovsk region. *Mining informational and analytical bulletin (Scientific and technical journal)*, 2006, vol. 5, M., MSMU Publ., pp. 319–323. (In Russian).
 5. Petrochenkov D.A., Ruzhitsky V.V. Mineralogical peculiarities of jewelry pyrite from the Cretaceous deposits of the Ulyanovsk region. *Prospect and protection of mineral resources*, 2018, vol. 4, pp. 7–12. (In Russian).
 6. Polyanin V.S., Polyanina T.A., Dusmanov E.N. and etc. Mineral and raw materials base of colored stones of Russia: prospects for its development and extension. *Prospect and protection of mineral resources*, 2015, vol. 9, pp. 66–76. (In Russian).
 7. Rogov M.A., Baraboshkin E.Yu., Guzhikov A.Yu., Efimov V.M. The Jurassic-Cretaceous boundary in the Middle Volga region. *Field guide to the «International meeting on the Jurassic/Cretaceous boundary»*. Samara, Samara STU Publ., 2015, 130 p. (In Russian).
-

ПОЛЕЗНЫЕ ИСКОПАЕМЫЕ,
МЕТОДИКА ИХ ПОИСКОВ И РАЗВЕДКИ

УДК 553.068

ГЕОЛОГО-СТРУКТУРНЫЙ КОНТРОЛЬ И КРИТЕРИИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ
ТИПОВ КОРЕННЫХ ИСТОЧНИКОВ РОССЫПНОЙ ЗОЛОТОНОСНОСТИ
НА ВОСТОКЕ СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ

З.С. НИКИФОРОВА

*Институт геологии алмаза и благородных металлов СО РАН
39, пр. Ленина, г. Якутск 677000, Россия, Республика Саха (Якутия),
znikiforova@yandex.ru*

Выявление индикаторных признаков россыпного золота позволило впервые на территории востока Сибирской платформы, перекрытой мощным чехлом мезокайнозойских отложений, где традиционные методы поиска золоторудных месторождений не эффективны, прогнозировать формационные типы коренных источников золота и их местонахождение. Известно, что каждая золоторудная формация предполагает соответствующий геолого-структурный контроль. На основе изучения минералого-геохимических особенностей россыпного золота и закономерности его распределения установлено, что коренные источники малосульфидной золото кварцевой, золотомедно-порфировой, золотожелезисто-кварцитово-золоторедкометалльной и золотоплатиноидной формаций приурочены к выходам фундамента и их обрамлениям; золотосульфидно-кварцевой — к метасоматитам, развитым в пределах зон глубинных разломов, трассирующих терригенно-карбонатные толщи; проявления золотосеребряной формации локализованы в зонах внутриконтинентальных палеорифтов. В целом определение геолого-структурной позиции конкретных типов золоторудных источников способствует более корректному подбору методов поиска золоторудных месторождений на закрытых территориях и оценки их перспективности.

Ключевые слова: геолого-структурный анализ; платформа, глубинные разломы; палеорифты; минералогия самородного золота; минералого-геохимические особенности россыпного золота; индикаторные признаки; золоторудное проявление; коренные источники; формационные типы; золоторудные месторождения.

DOI:10.32454/0016-7762-2018-5-17-24

GEOLOGICAL-STRUCTURAL CONTROL AND CRITERIA OF FORECASTING
THE TYPES OF PRIMARY SOURCES OF PLACER GOLD ON THE EAST
OF SIBERIAN PLATFORM

Z.S. NIKIFOROVA

*Diamond and Precious Metal Geology Institute, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences,
39, Lenina street, Yakutsk 677000, Republic of Sakha (Yakutia), Russia,
znikiforova@yandex.ru*

Identification of indicators on placer gold allowed predicting formation types of primary sources of gold and their location in the East Siberian platform, overlapped by thick cover of Meso-Cenozoic deposits, where traditional methods of prospecting of gold deposits are ineffective. Each gold-ore formation is known to have the corresponding geological-structural control. Based on study of mineralogical-geochemical features of placer gold and regularity of its distribution, it has been determined that primary sources of low-sulfide gold-quartz, gold-copper-porphyritic, gold-ferruginous-quartzite, gold-rare-metal and gold-platinoid formations are confined to basement outcrops and their framings; gold-sulfide-quartz formation — to metasomatites, developed within the zones of deep faults, tracing the terrigenous-carbonate series; and manifestations of gold-silver formation are localized in the zones of intracontinental paleorifts. In general, identification of geological-structural location of specific types of gold sources favors more correct selection of prospecting methods for gold deposits in areas with thick sedimentary cover, and evaluating their potential.

Keywords: geological-structural analysis; platform; deep faults; paleorifts; mineralogy of native gold; mineralogical-geochemical features of placer gold; indicators; gold manifestation; primary sources; formation types; gold deposits.

Россыпная золотоносность на востоке Сибирской платформы установлена в начале XX в., однако на этой территории до сих пор не выявлены золоторудные месторождения. В настоящее время точки зрения исследователей на природу рудной золотоносности являются остро дискуссионными и неясно, какие типы золоторудных месторождений сформированы на данной территории и с какими геолого-структурными позициями связаны. Территория исследований на востоке Сибирской платформы включает в себя на северо-востоке — Лено-Анабарское, на юго-востоке — Лено-Вилуйское междуречье и бассейн среднего течения р. Лены (рисунок).

Существует ряд предположений о типах коренных источников, из которых рассмотрим только основные. Ранее исследователи предполагали, что источниками россыпной золотоносности являлись золоторудные тела Байкало-Патомского складчатого пояса. Позднее многие учёные пришли к выводу, что россыпеобразование происходило за счёт местных источников — золотоносных сульфидизированных метаморфических пород и железистых кварцитов архея, а также кварц-карбонатных жил раннего протерозоя. Некоторые предшественники считали, что россыпная золотоносность частично сформирована за счёт золоторудных проявлений, связанных с трапповыми телами и интрузиями кислого состава, а также золотоносных метасоматических образований, проявленных в терригенных толщах палеозоя, пространственно приуроченных к зонам тектонических нарушений.

В 70-х гг. XX в. осуществлялись активные поиски рудных источников крупнейшими организациями СССР (ВСЕГЕИ, НИИГА и Институтом геологии СО РАН) под руководством известного учёного, члена-корреспондента АН СССР И.С. Рожкова. Большое внимание исследователей было уделено поиску древних золотоносных конгломератов типа Витватерсранд, а также выявлению золоторудного потенциала широко проявленного базитового магматизма. Традиционные методы поисков золоторудных месторождений не принесли положительных результатов, поскольку данная территория перекрыта мощным чехлом мезокайнозойских отложений. В связи с этим возникла необходимость изучить типоморфные особенности россыпного золота, которое несёт в себе колоссальную информацию о первичных рудных источниках. Изучение минералогии россыпного золота и закономерности его распределения на востоке Сибирской платформы позволило впервые установить два типа золота, обладающие определёнными типоморфными признаками и соответствующие двум этапам рудообразования — докембрийскому и мезозойскому [6]. На основании разработанного минералогического метода по минералого-геохимическим особенностям россыпного золота впер-

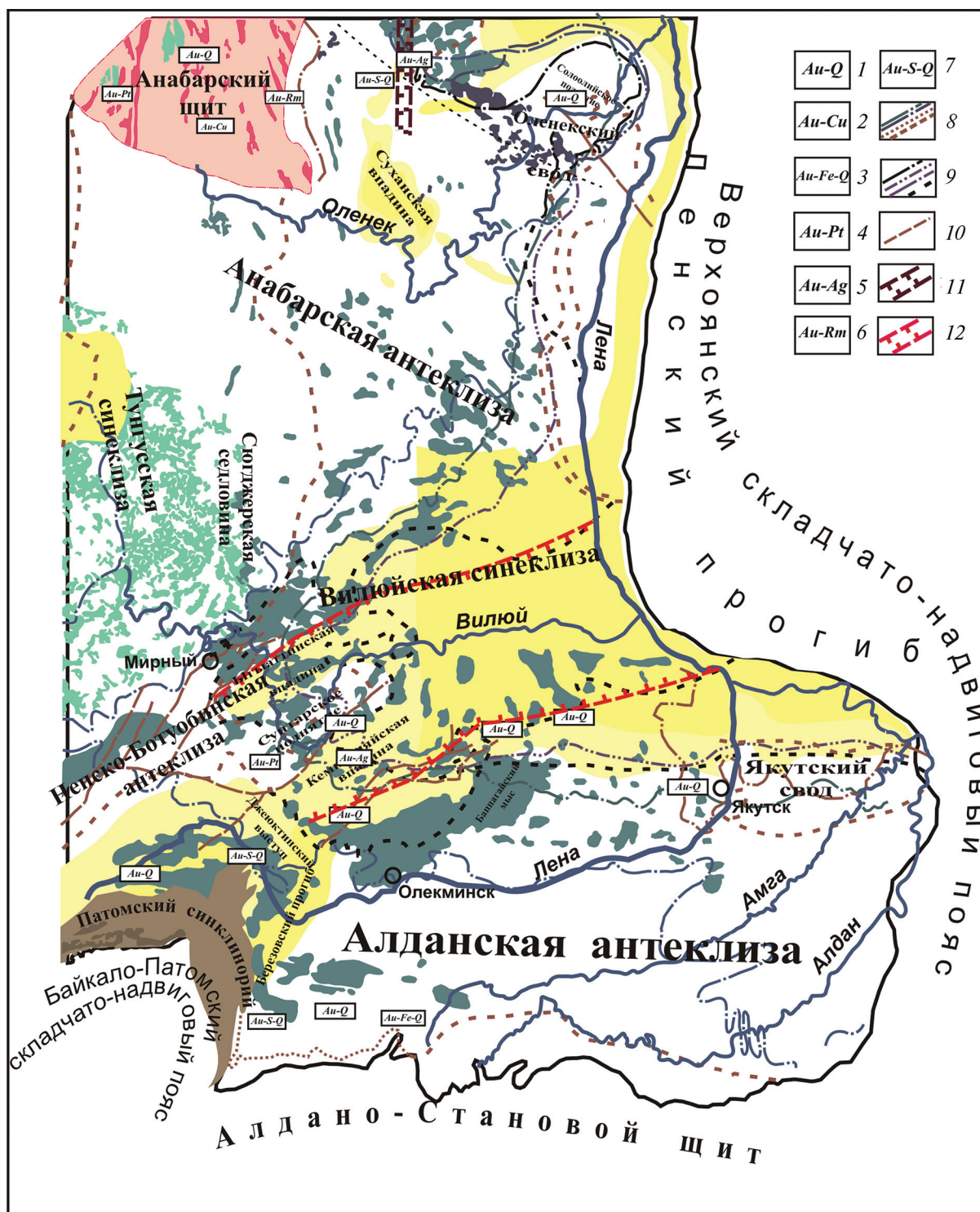
вые на данной территории прогнозируются различные формационные типы коренных источников золота. Полученные результаты дали возможность на новом уровне знаний оценить перспективы золоторудного потенциала на востоке Сибирской платформы.

Выявленные индикаторные признаки россыпного золота позволили установить формационные типы коренных источников, характерные для определенных геолого-структурных обстановок [6]. Известно, что каждая золоторудная формация предполагает соответствующий геолого-структурный контроль, что даёт возможность более корректно подобрать методы поиска золоторудных месторождений, особенно на закрытых территориях.

Закономерности размещения прогнозируемых золоторудных месторождений

Малосульфидная золотокварцевая формация. Ещё в 60-х гг. прошлого столетия В.И. Тимофеев [9] предположил, что россыпная золотоносность бассейна р. Вилуй сформировалась за счёт поступления золота из коренных источников, локализованных в докембрийских горстовых поднятиях. Позднее Ю.Н. Трушков [11] на Лено-Вилуйском и Б.Р. Шпунт [12] на Анабаро-Оленекском междуречьях также объяснили формирование россыпей за счёт коренных золоторудных источников раннепротерозойско-архейского возраста. По их данным, кварц-карбонатные жилы раннего протерозоя содержат до 2 г/т Au. Более того, В.А. Михайлов [5] установил, что золотоносные коллекторы Вилуйской синеклизы содержат комплекс минералов, аналогичный минеральным парагенезисам метаморфических пород субганского AR_3 и удоканского PR_1 возрастов.

Проведённые многолетние исследования [6] показали, что золото в россыпях аллювиальных отложений большинства водотоков, дренирующих выходы фундамента Сибирской платформы, представлено в основном мелкой фракцией, чешуйчатыми формами. Пробность золота высокая, элементы-примеси практически отсутствуют (табл. 1). Для него характерны перекристаллизованные внутренние структуры, высокопробные оболочки, следы пластических деформаций и микровключения сульфидов, кварца, полевого шпата и карбонатов. Установленные минералого-геохимические особенности россыпного золота и комплекс ассоциирующих с ним минералов позволяют прогнозировать наличие коренных источников малосульфидной золотокварцевой формации в местах выходов фундамента и их обрамлений на северо-востоке и в центральной части востока Сибирской платформы, а также на юго-востоке в зоне её сочленения с Байкало-Патомским складчато-надвиговым поясом (рисунок).



Закономерности размещения предполагаемых золоторудных источников различных формационных типов, приуроченных к определённым геолого-структурным позициям: 1–7 – формационные типы коренных источников: 1 – малосульфидная золотокварцевая, 2 – золотомедно-порфировая, 3 – золотожелезисто-кварцитовая, 4 – золотоплатиноидная, 5 – золотосеребряная, 6 – золоторедкометаллическая, 7 – золотосульфидно-кварцевая; 8 – сбросы; 9 – надвиги и взбросы; 10 – разломы; 11–12 – палеорифты: 11 – уджинский, 12 – виллоуский

Рудопроявления представлены минерализованными зонами дробления в метаморфических породах архея и раннего протерозоя (табл. 2). Рудовмещающие породы – терригенно-карбонатные и вулканогенные толщи, кристаллические сланцы, гранито-гнейсы и гранитоиды, в которых обнаружены

сульфидные кварц-карбонатные жилы с содержанием Au до 2,7 г/т.

Золотомедно-порфировая формация. В россыпном золоте р. Анабар (участок Бороску) в Билляхской зоне глубинных разломов А.В. Толстовым [10] установлена примесь меди – до 4 % и более.

Таблица 1

Индикаторные признаки россыпного золота рудных формаций докембрийского этапа рудообразования

Типы золоторудных формаций	Характеристика россыпного золота					
	Гранулометрия (мм)	Форма	Пробность, ‰	Элементы-примеси	Микро-включения	Внутренние структуры
Малосульфидная золотокварцевая	- 0,1—0,25, реже >0,25	Чешуйчатая, пластинчатая	900—999	Ag<20%, Cu—0,1%	Пирит, арсенопирит, кварц, карбонат	Перекристаллизованные, рекристаллизованные, линии деформаций, высокопробные обломки до 20 мкм и более
Золотомедно-порфировая	- 0,1—0,25; >0,25	Чешуйчатая (80%), пластинчатая	950—999	Cu от 0,5—1% до 4%	Не обнаружены	То же
Золотоплатиноидная	- 0,1—0,5	Чешуйчатая, пластинчатая	950—999	Pt—96 г/т, (в единичных пробах 630—1130 г/т), Pd—5—570 г/т (до 7%) (в единичных случаях >1015 г/т), Ni—5—100 г/т, Cu до 1,5% (в единичных случаях до 27%), Hg (0,2—0,5%)	Минеральные фазы группы Pt, срастания золота (Au 95,95%, Pd 4,12%, Ag 1,36%) и платины (Pt 87,79%, Fe 10,95%)	« — »
Золотожелезисто-кварцитовая	- 0,1—0,25	Чешуйчатая	950—999	Fe — 68 г/т >	Гематит, магнетит, корунд	« — »

Примечание. Элементы примеси Ag, Cu, Hg — определены микрозондовым анализом (%), Fe, Pt, Pd, Ni, Bi — атомно-эмиссионный спектральный анализ (г/т). Прибор PGS-1, условия: α — 10,87; ω — 20; δ — 1,2; “ohne”; t — 20°; t' — 3 мин. Отдел физико-химических методов анализа ИГАБМ СО РАН. Аналитики: С.Ю. Коркина, Е.Л. Нарышкина.

По морфологии и пробности золото близко к такому в малосульфидной золотокварцевой формации, но отличается устойчивой примесью меди характерной для золотомедно-порфировых проявлений. В высокопробном россыпном золоте р. Большая Куонамка (р. Анабар) нами также зафиксировано повышенное содержание Cu от 0,5 до 4 %. По данным А.П. Смелова и др. [8], в породах гранитоидного массива в Билляхской зоне смятия (во вмещающих плагиогнейсах, гранито-гнейсах, кристаллических сланцах) установлено содержание Au до 2,5 г/т, что послужило основанием прогнозировать на данной территории месторождения золотомедно-порфирового типа. А.А. Кравченко с соавторами [3] также пришли к выводу, что формирование такого типа оруденения возможно в Билляхской и Котуйканской зонах тектонического меланжа, где в рассланцованных гранитоидах и в вмещающих гнейсах с сульфидной минерализацией выявлено содержание Au до 2,7 г/т. Наряду с повышенными содержаниями золота в этих породах установлены высокие концентрации (г/т): Cu до 7000, Mo до 700, Ag до 8, Zn до 5000, Pb до 700. В связи с этим формирование золотомедно-порфирового типа оруденения возможно на северо-востоке Сибирской платформы в гранитоидных массивах Анабарского щита и его обрамления. Рудные источники золотомедно-порфирового типа, вероятно, представляют собой штокверки и линейные зоны в гранитоидных массивах (табл. 2). Рудовмещающими породами являются диориты, гранодиориты, плагио-

гнейсы, гранито-гнейсы и кристаллические сланцы с кварцевыми жилами с сульфидной минерализацией.

Золотожелезисто-кварцитовая формация. В водотоках юго-востока Сибирской платформы в северо-западной краевой части Алданского щита в бассейнах рек Торго, Чара и других (рисунок) в чешуйчатом высокопробном золоте установлены повышенные содержания железа и выявлены микровключения ряда минералов (гематит, ильменит, корунд), характерных для месторождений золото-железисто-кварцовой формации (табл. 1). Предполагается, что коренные источники золота приурочены к метаморфогенным отложениям архея, а рудовмещающей является терригенно-вулканогенная толща с железистыми кварцитами, несущими вкрапленное оруденение (табл. 2). Ранее на этой территории Н.Т. Родионовым, Д.В. Блажкуном (1965 г.) в архейских железистых кварцитах Алданского щита выявлено содержание Au до 0,6 г/т. Золото представлено высокопробными чешуйчатыми золотиными, размером 0,1—0,25 мм. Возможность обнаружения рудопроявлений этой формации предполагается в бассейнах рек Торго, Чара и подтверждается наличием на территории Южной Якутии известных железорудных месторождений: Тарынахское и Ымалахское, в которых установлено содержание золота до 10 г/т.

Золотоплатиноидная формация. Россыпное золото из аллювиальных отложений рек обрамления Сунтарского свода и Анабарского щита характери-

Таблица 2

Геолого-структурная характеристика предполагаемых золоторудных источников докембрийского этапа рудообразования (восток Сибирской платформы)

Формация	Основные индикаторные минералы и элементы-примеси в золоте	Геологические позиции	Потенциально рудоносные образования	Структурная позиция нахождения руд	Характерные рудовмещающие породы	Морфологический тип рудных тел	Местонахождение предполагаемых золоторудных источников
Малосульфидная золотокварцевая	Кварц, пирит, арсенопирит, карбонаты	Выходы фундамента, полнятия, своды, выступы	Метаморфические породы архея и раннего протерозоя	Минерализованные зоны дробления древних выходов фундамента	Терригенно-карбонатная толща, вулканогенные породы, кристаллические сланцы, гранито-гнейсы, гранитоиды	Сульфидные кварц-карбонатные жилы, с содержанием Au до 2,7 г/т	Анабарский шит, Оленекское и Билоро-Удзинское подплате, Сунтарский свод, Верхнесинский, Башпатайский, Якутский выступы и др.; зона сочленения с Байкало-Патомским складчатым надвиговым поясом
Золотомелно-порфировая	Среднее содержание Cu от 0,5 до 4%, иногда до 25%, сульфиды	Анабарский шит	Магматические породы	Гранитоидные массивы, штокверки, линейные зоны	Диориты, гранодиориты, плагиогнейсы, гранитоидные кристаллические сланцы	Кварцевые жилы, сульфидная вкрапленная минерализация с содержанием Au до 2,5 г/т	Анабарский шит, Котуйканская и Билыхская зоны
Золотожелезисто-кварцевая	Гематит, магнетит, корунд, ильменит	Алданский шит	Метаморфогенные породы архея	Стратиграфические уровни формаций железистых кварцитов	Базальтовая терригенно-вулканогенная толща с железистыми кварцитами	Залежи вкрапленного оруднения	Обрамление Алданского шита, бассейн р. Торго, Токко
Золотоплатиноидная	Срастание Au с Pt, элементы-примеси в золоте Pt, Pd, Ni	Анабарский шит и шиты, обрамление Сунтарского свода	Магматические породы, базиты	Массивы, интрузии	Анортозиты, габбро-долериты	Прожилково-вкрапленные сульфидные руды	Анабарский шит (Котуйкан-Монхолинская зона); обрамление Сунтарского свода

зуются повышенными содержаниями Pt, Pd и Ni, присутствием в золоте минеральной фазы платины, а также обнаружением срастания золота с платиной (табл. 1). На основании анализа геофизических данных И.Н. Истомин и В.М. Мишнин [2] обосновали на востоке Сибирской платформы наличие раннепротерозойского подвижного раннепротерозойского пояса и связали основную металлоносность, в том числе платиноносность, с широко проявленным базитовым магматизмом. Доказательством наличия золотоплатиноидных источников в обрамлении Сунтарского свода служат также данные В.Л. Масайтиса с соавторами (1970 г.), которыми выявлены золоторудные проявления с содержанием Au до 1 г/т и Pt до 0,3 г/т, парагенетически связанные с базитовым магматизмом. Оруденение данной формации прогнозируется также на Анабарском щите в Котуйкан-Монхолинской зоне, где развиты интрузии анортозитового и габбро-долеритового состава, в которых отмечаются прожилково-вкрапленные сульфидные руды (табл. 2).

Золоторедкометалльная формация. На территории Анабарского щита в россыпях бассейна р. Большая Куонамка золото представлено пластинчатыми, комковидными и дендритовидными формами, размером 0,25 мм и более, с широким диапазоном изменения пробности (400—990‰). Впервые Б.Б. Герасимовым [1] в данном золоте обнаружены микровключения самородного висмута, мальдонита, арсенопирита и теллуридов серебра, характерные для оруденения золоторедкометалльной формации (табл. 3). Образование такого типа оруденения, возможно, связано с магматической деятельностью в мобильной зоне Восточно-Анабарского разлома. Рудовмещающими породами являются гранитоидные массивы и вмещающие осадочные породы; потенциально золотоносными могут быть зоны ороговикования и калиевые метасоматиты, в которых наблюдаются жилы и прожилки кварца с видимым золотом (табл. 4).

Золотосульфидно-кварцевая формация. Россыпное золото бассейнов рек Анабар и Эбелях на северо-востоке и Большой Патом на юго-востоке Сибирской платформы характеризуется широким диапазоном гранулометрического состава и представлено как пылевидными (0,1 мм—до 90%), так иногда и крупными фракциями (0,5—1 мм и более — до 10 %). Золото в основном высокопробное, реже — среднепробное. Типоморфной особенностью россыпного золота

является повышенное (до 5%) содержание Hg. В золоте обнаружены микровключения сульфидов, теллуридов, кальцита, редкоземельных минералов флоренсита и монацита.

При проведении тематических и геолого-поисковых работ (Михайлов, Филатов, 1966 г.; Огиенко и др., 1969 г.) в бассейне Средней Лены и её притоков (Пеледуй, Нюя, Намана, Джерба, Куболах, Чара и др.) среди терригенно-карбонатных толщ обнаружили минерализованные зоны дробления, окварцевания и лимонитизации с многочисленными рудопроявлениями с содержанием Au 0,1–2 г/т., приуроченные к глубинным разломам разрывных нарушений. В соответствии с этим формирование коренных источников данного типа оруденения возможно на северо-востоке Сибирской платформы в бассейнах рек Анабар и Эбелях в Молодо-Поппайской системе разломов. Предполагаемые источники локализуются в зонах метасоматитов (ожелезнение и окварцевание), развитых по палеозойским терригенно-карбонатным породам, пространственно связанным с глубинными разломами неоднократно подновлявшимися в мезозойское время. Наличие рудных источников золотосульфидно-кварцевой формации прогнозируется на юго-востоке Сибирской платформы в бассейне Средней Лены на участках (устья рек Большой Патом и Каменка), пространственно приуроченных к Баппагайскому глубинному разлому.

Золотосеребряная формация. Рассыпное золото истоков рек Кемпендяйской дислокации (Вилуйский палеорифт) мозговидное, пористое, двухфазное, содержание Ag до 40%. В нем выявлен широ-

кий диапазон элементов-примесей (Hg, Pb, Zn, As, Sb), микровключения стронцевого барита, адуляра, кварца, кальцита и сульфидов. В бассейне р. Уджа (Уджинский палеорифт) в рассыпном золоте установлены: Ag до 60%, фазы Ag, ему присуще пористое строение. Выявленный комплекс минералогеохимических особенностей рассыпного золота характерен для золотосеребряных месторождений (табл. 3).

Такой набор элементов-примесей и ассоциирующих минералов позволяет предполагать формирование золотосеребряных рудопроявлений, связанных с субвулканическими или вулканическими аппаратами, как на Вилуйском, так и Уджинском палеорифтах (табл. 3). По нашим данным [7], предполагаемые рудные источники золотосеребряной формации находятся в полях развития вулканитов андезит-дацитового состава, залегающих на нижнемеловых отложениях, впервые выявленных в зоне Кемпендяйской дислокации Вилуйского палеорифта. По результатам спектрального анализа установлено, что как в вулканитах, так и в низко-среднепробном золоте отчетливо прослеживается устойчивая Ag-Pb-Zn-Cu геохимическая ассоциация, что позволило предположить парагенетическую связь эпitherмального золотосеребряного оруденения с вулканизмом.

Для предполагаемых рудных источников золотосеребряной формации характерна следующая геолого-структурная обстановка. По данным Е.Е. Милановского [4], древние рифтовые зоны востока Сибирской платформы были неоднократно регенерированы в мезокайнозойское время, где проя-

Таблица 3

Индикаторные признаки рассыпного золота рудных формаций мезозойского этапа рудообразования

Типы золоторудной формации	Характеристика рассыпного золота					
	Гранулометрия (мм)	Форма	Пробность, ‰	Элементы-примеси	Микровключения	Внутренние структуры
Золотосеребряная	- 0,25–1-2>	Пластинчатая, таблитчатая, комковидная	<500–870	Ag до 47,7 %, Hg до 1,46%, Pb 20-90 г/т, Zn 110-170 г/т, As 20-70 г/т (до 1000 г/т), Sb 12-60 г/т, ед. Те 40 г/т и др.	Стронциевый барит, арсенопирит, пирит, кварц, адуляр кальцит	Двухфазное золото, мозговидное, пористое строение
Золоторедкометаллическая	- 0,25; 0,25-0,5 >	Пластинчатая, таблитчатая, комковидная, дендритовидная	<400–990	Bi 480 г/т, Fe 1000 г/т, Cu 1109 г/т	Самородный висмут, мальдонит, арсенопирит, теллуриды серебра	Среднезернистые, неяснозональные, яснозональные
Золотосульфидно-кварцевая	- 0,1-0,25 – 1-2 >	Пластинчатая, таблитчатая, комковидная	750–999	Hg до 5%	Пирит, арсенопирит, кальцит, теллуриды, минералы с редкоземельными элементами	Крупнозернистые, среднезернистые, неясно зональные

Примечание. Элементы примеси Ag, Cu, Hg — микронзондовый анализ (%), Pb, Zn, As, Sb, Te, Bi, Fe, Cu — атомно-эмиссионный спектральный анализ. Прибор PGS-1, условия: α — 10,87; u — 20; d — 1,2; "ohne"; t — 20°; t' — 3 мин. Отдел физико-химических методов анализа ИГАБМ СО РАН. Аналитики: С.Ю. Коркина, Е.Л. Нарышкина.

Таблица 4
Геолого-структурная характеристика предполагаемых золоторудных источников мезозойского этапа рудообразования (восток Сибирской платформы)

Формация	Основные индикаторные минералы	Позиция металлогенических зон	Потенциально-рудносные образования	Структурная позиция нахождения руд	Характерные рудомещающие породы	Морфологический тип рудных тел	Местонахождение предполагаемых золоторудных источников
Золоторедкометаллическая	Висмут, мальдонит, теллуриды серебра	Анабарский щит, Восточно-Анабарский разлом	Зоны орговикования и К-метасоматиты	Околонирующая, налитрующая, внутриинтрузивная	Гранитоиды и прилегающие ороговикованные осадочные	Жилы и прожилковые зоны	Анабарский щит, бассейн р. Бол. Куонамка
Золотосульфидно-кварцевая	Пирит, арсенопирит, калцит, теллуриды, минералы с редкоземельными элементами	Глубинные разломы, Молодо-Попигаевская система разломов, Баппагайский, Кемпендяйский и др.	Зоны метасоматитов	Минерализованные зоны дробления, брекчирования, окварцевания, ожелезнения	Терригенно-карбонатные толщи	Залежи вкрапленного оруденения, содержание золота от 2 до 10 и более г/т	Бассейн рек Эбелях, Мортгор, Каменистый и др. Устье рек Большой Патом и Каменка
Золотосеребряная	Кварц, калцит, халцедон, барит, адуляры, теллуриды	Внутриконтинентальные палеорифты (Улжинский, Вилюйский)	Вулканы, андезит-дациты, риолиты и др.	Флюидно-эксплозивные структуры, кальдера	Песчаники	Кварц-баритовые, кальцитовые жилы до 1 г/т	Бассейн р. Уджа, истоки рек Кемпендяйской дислокации

вился вулканизм андезит-дацитового состава. Действительно, данные предшественников (Кирина, 1966 г.; Киселев, 1970 г.) свидетельствуют о проявлении такого типа вулканизма и формирования золотосеребряного оруденения в пределах Вилюйского палеорифта. Ими в отложениях ранней юры и мела обнаружены кварц-кальцит-баритовые жилы с содержанием золота до 1,4 г/т, происхождение которых они связали с кислым вулканизмом. По результатам анализа геологической истории развития Вилюйской синеклизы и центральной части Алданского щита В.И. Тимофеевым [9] впервые была обоснована синхронность тектонического режима и магматизма в мезозойское время. Это дало ему основание связать рудную золотоносность Кемпендяйской дислокации с позднеюрским-раннемеловым магматизмом. Позднее В.А. Михайлов [5], анализируя минеральные ассоциации шлихового ореола рассеяния и петрографический состав галечно-гравийного материала Лено-Вилюйского междуречья, пришел к выводу, что образование мезозойского золотого оруденения связано с магматизмом кислого состава. Потенциальными источниками рудоносных гидротерм, по мнению В.А. Михайлова [5], являлись флюидно-эксплозивные структуры (ФЭС) в виде трубочных тел, а также минерализованные зоны разрывных нарушений, гидротермальные аргиллизиты и тела дайкового типа.

Заключение

Таким образом, впервые обосновано, что предполагаемые формационные типы коренных источников россыпной золотоносности связаны с определёнными геолого-структурными позициями. Рудные источники малосульфидной золотокварцевой, золотомедно-порфировой, золотожелезисто-кварцевой, золоторедкометаллической и золотоплатиноидной формаций приурочены к выходам фундамента и к их обрамлениям. Формирование коренных источников золотосульфидно-кварцевой формации предполагается в зонах глубинных разломов в метасоматитах терригенно-карбонатных толщ, а проявлений золотосеребряной формации — в полях развития вулканизма андезит-дацитового состава в зонах внутриконтинентальных палеорифтов. В целом выделенные формационные типы коренных источников по индикаторным признакам россыпного золота определяют геолого-структурный контроль и тем самым способствуют более корректному подбору методов поиска золоторудных месторождений различных формаций и оценки перспективности на закрытых территориях.

Работа выполнена по результатам проекта «Стратегически важные виды минерально-сырьевых ресурсов и особенности геологического строения инвестиционно-привлекательных территорий Рес-

публики Саха (Якутия): металлогения, тектоника, магматизм, геоэкология, совершенствование поисковых и прогнозных технологий» Программы комплексных научных исследований в Республике Саха

(Якутия), направленных на развитие её производительных сил и социальной сферы на 2016—2020 годы» и в рамках плана НИР ИГАБМ СО РАН на 2018 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. Герасимов Б.Б., Никифорова З.С. Индикаторные признаки россыпного золота как критерий прогнозирования различных типов золотосодержащих рудопоявлений (Анабарский район) // Всероссийская научно-практическая конференция «Геология и минерально-сырьевые ресурсы Северо-Востока России». Якутск, 2016. С. 41–44.
2. Истомин И.Н., Мишнин В.М. К проблеме поисков месторождений металлов платиновой группы в Якутии // Вестник Госкомгеологии РС (Я). 2003. № 2(5). С. 13–27.
3. Кравченко А.А., Смелов А.П., Березкин В.И., Зедгенизов А.Н., Добрецов В.Н. Природа золоторудной минерализации раннепротерозойского билийского гранитоидного комплекса по геохимическим данным (Анабарский щит) // Отечественная геология. 2010. № 5. С. 23–29.
4. Милановский Е.Е. Рифтогенез в истории Земли: (Рифтогенез на древних платформах). М.: Недра, 1983. 279 с.
5. Михайлов В.А. Источники питания металлоносных отложений Вилуйской синеклизы, автореф. дис... канд. геол.-мин. наук. Томск, 1990, 20 с.
6. Никифорова З.С., Герасимов Б.Б., Глушкова Е.Г., Каженикина А.Г. Золотоносность востока Сибирской платформы: россыпи — коренные источники // Геология рудных месторождений. 2013. № 4 (55). С. 305–319.
7. Никифорова З.С., Ивенсен Г.В. К вопросу формирования эпitherмальных месторождений золота на территории Лено-Вилуйского междуречья // Рудогеогенез. Матер. международной конференции. Миасс, 2008. С. 203–206.
8. Смелов А.П., Амузинский В.А., Зедгенизов А.Н., Березкин В.И., Коваль С.Г. Перспективы коренной золотоносности метаморфических и магматических комплексов Анабарского щита // Золото Сибири и Дальнего Востока. Улан-Удэ, 2004. С. 279–281.
9. Тимофеев В.И. О россыпной золотоносности р. Вилуй // Разведка и охрана недр. 1965. № 6. С. 1–5.
10. Толстов А.В. Перспективы золотоносности Анабарской антеклизы // Вестник госкомгеологии. 2002. № 1(2). С. 44–49.
11. Трушков Ю.Н., Избеков Э.Д., Томская А.И., Тимофеев В.И. Золотоносность Вилуйской синеклизы и её обременения. Новосибирск: Наука, 1975. 149 с.
12. Шпунт Б.Р., Шамшина Э.А., Шаповалова И.Г. Докембрий Анабаро-Оленекского междуречья. Новосибирск: Наука, 1976. 142 с.

REFERENCES

1. Gerasimov B.B., Nikiforova Z.S. Indicators of placer gold as criterion of forecasting different types of auriferous ore manifestations (Anabar region). *All-Russian research and practice conference «Geology and mineral-raw resources of the North-East Russia»*. Yakutsk, 2016, pp. 41–44. (In Russian).
2. Istomin I.N., Mishnin V.M. Problem of prospecting deposits of platinum group metals in Yakutia. *Vestnik goskomgeologii of the Republic of Sakha (Yakutia)*, 2003, no. 2(5), pp.13–27. (In Russian).
3. Kravchenko A.A., Smelov A.P., Berezkin V.I., Zedgenizov A.N., Dobretsov V.N. Nature of gold mineralization of the Early Proterozoic Billyakh granitoid complex according to geochemical data (Anabar shield), *Otechestvennaya geologia*. 2010, no. 5, pp. 23–29. (In Russian).
4. Mikhailov V.A. *Primary sources of metalliferous deposits of the Vilyuy syncline*. Author's abstract of dissertation of candidate of geologic-mineralogical sciences. Tomsk, 1990, 20 p. (In Russian).
5. Milanovsky E.E. Riftogenesis in the Earth history: (Riftogenesis on ancient platforms). M., Nedra Publ., 1983, 279 p. (In Russian).
6. Nikiforova Z.S., Gerasimov B.B., Glushkova E.G., Kazhenkina A.G. Gold content of the East Siberian platform: placers — primary sources. *Geology of ore deposits*, 2013, no. 4, (55), pp. 305–319. (In Russian).
7. Nikiforova Z.S., Ivensen G.V. Problem of formation of epithermal gold deposits in the territory of the Lena-Viluy interfluvies. *Ore genesis. Materials of international conference. Miass*, 2008, pp. 203–206. (In Russian).
8. Shpunt B.R., Shamshina E.A., Shapovalova E.G. et al. *The Precambrian period of the Anabar-Olenek interfluvium*. Novosibirsk, Nauka Publ., 1976, 142 p. (In Russian).
9. Smelov A.P., Amuzinsky V.A., Zedgenizov A.N., Berezkin V.I., Koval S.G. Prospects of primary gold content of metamorphic and magmatic complexes of the Anabar shield. *Gold of Siberia and Far East*, Ulan-Ude, 2004, pp. 279–281. (In Russian).
10. Timofeev V.I. Placer gold content of Vilyuy river. *Prospecting and conservation of mineral resources*, 1965, no. 6, pp. 1–5. (In Russian).
11. Tolstov A.V. Prospects of gold content of the Anabar antecline, *Vestnik goskomgeologii*, 2002, no. 1(2), pp. 44–49. (In Russian).
12. Trushkov Y.N., Izbekov E.D., Tomskaya A.I., Timofeev V.I. *Gold content of Vilyuy syncline and its framing*. Novosibirsk, Nauka Publ., 1975, 149 p. (In Russian).

УДК 553.411.071

ХАРАКТЕРИСТИКА САМОРОДНОГО ЗОЛОТА КОСЬЮМНЕРСКОГО РОССЫПНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (ПРИПОЛЯРНЫЙ УРАЛ)

М.А. БОГУСЛАВСКИЙ¹, С.О. ХУДЯКОВ²

¹Московский государственный университет
1, Ленинские горы, Москва 119234, Россия,
e-mail: mboguslavskiy@yandex.ru

²ООО «ВИКТОР»
1-2-106, Багратионовский пр-д, Москва 121087, Россия
e-mail: s.o.khydiakov@gmail.com

Приведены результаты исследования шлихов и самородного золота, выделенного из них, Косьюмнерского месторождения (Полярный Урал), включающего два россыпных объекта. Изучен гранулометрический состав, морфология, окатанность, уплощенность, наличие сростков золота с другими минералами, характер

поверхности, а также химический состав и внутреннее строение выделений. На основе полученных данных сделаны выводы, что золото рек Нярта-Ю и Нестер-Шор однотипно по морфологии, химическому составу и внутреннему строению, что позволяет относить его к единому типу коренного источника, а именно к золото полисульфидно-кварцевому. Анализ золота из двух россыпей данного месторождения позволил заключить, что россыпь р. Нестер-Шор древнее, чем россыпь р. Нярта-Ю.

Ключевые слова: россыпное золото; самородное золото; шлик; морфология золота; геологическое строение; коренной источник; генетический тип.

DOI:10.32454/0016-7762-2018-5-24-30

CHARACTERISTICS OF NATIVE GOLD AT KOSUMNERSKOE PLACER GOLD DEPOSIT (THE NETHER-POLAR URALS)

M.A. BOGUSLAVSKIY¹, S.O. KHUDYAKOV²

¹Lomonosov Moscow State University, Geological Faculty,
Department of Geology, Geochemistry and Economics of ore deposits,
GSP-1, Leninskie Gory, Moscow 119991, Russian Federation,
e-mail: mboguslavskiy@yandex.ru

²LTD «Victor»
1-2-106, Bagrationovsky proezd, Moscow 121087, Russian Federation,
e-mail: s.o.khydiakov@gmail.com

The paper presents the results of a study of heavy mineral concentrates of Kosumnerskoe gold deposit as well as the native gold from them. This gold deposit includes two gravel deposits. The granulometric composition, morphology, roundness, flatness, presence of intergrowths of gold with other minerals, as well as the character of the surface, the chemical composition and internal structure of gold, have been investigated. Based on these results, the placer gold of rivers Narta-Yu and Nester-Shor has been concluded to be similar in morphology, chemical composition and internal structure so it allows attributing them to a single type of motherload, which could be named as gold-polysulfide-quartz type. On the results of the analysis of two gold deposits of this field, the gravel deposit of the river Nester-Shor has been concluded to be elder than gravel deposit of the river Narta-Yu.

Keywords: placer gold; native gold; heavy mineral concentrate; gold morphology; geological structure; motherload; genetic type.

Косьюмнерское месторождение россыпного золота расположено на территории Березовского района Ханты-Мансийского автономного округа Тюменской области. Ближайшим населенным пунктом является с. Саранпауль.

В состав Косьюмнерского месторождения входят россыпи рек Нярта-Ю и Нестер-Шор. Поисковыми, а затем разведочными работами в долинах этих рек установлена и оценена аллювиальная долинная золотоносная россыпь, формировавшаяся от позднеплейстоценового до настоящего времени. Фрагментарно сохранилась среднеплейстоценовая россыпь, приуроченная к третьей надпойменной террасе высотой 12—16 м. Долина реки сильно врезана в коренные породы нижнего и среднего рифея, представленные метаморфическими сланцами и карбонатсодержащими породами маньохеинской и няртинской свит.

В составе Няртинской свиты наибольшим развитием пользуются мезократовые двуслюдянные кристаллосланцы с прослоями лейкократовых кварцитогайнов и аповулканогенных сланцев, а также амфиболиты, причём максимальное число прослоев метабазитов наблюдается в её нижней

части. В подчиненном количестве присутствуют кварциты. Вверх по разрезу происходит увеличение мощности лейкократовых разностей пород. Няртинская свита подразделяется на две толщи: нижнюю и верхнюю.

Образования свиты согласно залегают на ниже лежащих отложениях, слагая западное и восточное крылья Хобеизской антиклинальной структуры. Простираие пород большей частью повторяет очертания границ нижнерифейского блока, за исключением участков на южном замыкании структуры и в её западном крыле, где границы усложнены разрывной тектоникой. Падение пород толщи подчеркивает антиклинальный характер Хобеизской структуры. Углы падения меняются от 20 до 30—35°.

Маньохеинская свита впервые выделена Л.Т. Беляковой в 1972 г. со стратотипом по р. Маньохею. Отложения свиты перекрывают образования няртинской свиты и в структурном плане слагают западное и восточное крылья Хобеизской антиклинали. Простираие пород свиты северо-восточное, падение северо-западное и юго-восточное (соответственно положению в крыльях антиклинали) под углами 20—35°.

Нижняя граница свиты проводится по подошве пачки кварцевых конгломератов, кварцитогнейсов или кварцитовидных серицит-альбит-кварцевых сланцев. Верхняя — по появлению в разрезе существенно карбонатных пород. Нижняя пачка преимущественно песчанистая, в основании разреза представлена кварцевыми конгломератами мощностью до 65 м (коренные выходы по р. Нярта-Ю), выше — переслаиванием кварцитогнейсов, гнейсовидных песчаников и полевошпатизированных кристаллических сланцев. Средняя пачка — это переслаивание аповулканогенных сланцев основного состава с песчаниковидными кристаллическими сланцами. Верхняя пачка представлена сланцами песчаниковидного облика с прослоями гнейсовидных песчаников и кварцитопесчаников.

Метаморфизм отложений свиты характеризуется полифациальным характером: от высокотемпературной области зеленосланцевой фации до эпидот-амфиболитовой фации.

Строение россыпи. По генетической классификации россыпь долины р. Нярта-Ю и её притоков является аллювиальной. В морфологическом отношении в ней можно выделить две разновидности. Во-первых, долинную позднеплейстоцен-современную россыпь, приуроченную к нижней части разреза современного и верхнечетвертичного аллювия, расположенного в пойменной части долины, под первой и иногда второй надпойменными террасами. В ней сосредоточено около 85% подсчитанных запасов. Во-вторых, террасовую россыпь, приуроченную к приплотиковым отложениям третьей эрозионно-аккумулятивной (цокольной) террасы, сохранившейся от последующего размыва в виде небольших фрагментов на отдельных участках долины.

Верховье долины достаточно прямолинейное, продольный профиль ступенчатый. Долина пересекает коренные породы в крест их простираения. Ширина дна долины изменяется от 50 до 250 м. В нижней части крутых бортов, перекрытых склоновыми образованиями, нередко имеются скальные выходы коренных пород.

Отмечены редкие фрагменты первой и слабо выраженные — второй надпойменной цокольной террас. Золотоносность аллювия этого отрезка долины нуждается в оценке, по отдельным пробам из шурфов получено крупное золото и относительно высокие содержания.

Участок среднего течения имеет северо-восточное направление, соответствующее простираению коренных пород. Долина относительно извилистая. Склоны асимметричные крутые, перекрыты склоновыми образованиями. Характерно наличие протяженных участков высотой до 50 м. Ширина дна долины от 50 до 160 м.

Аллювиальный комплекс широко представлен современными долинными отложениями на дне

долины и фрагментарно развитыми надпойменными террасами трёх уровней: 3—5 м, 6—9 м и 12—16 м. Верхние две террасы — цокольные, нижняя — имеет цоколь лишь на отдельных участках.

Каньонообразный отрезок долины имеет протяженность около 2 км. Долина реки имеет здесь субмеридиональное направление, согласное с простираанием кварцитовидных песчаников. Поперечный профиль *V*-образный с крутыми (свыше 45°) симметричными бортами. Борта представлены ступенчатыми скалами коренных пород или перекрыты мощными коллювиальным чехлом. Ширина дна долины 20—30 м. Аккумулятивные аллювиальные образования представлены только пойменно-русовым комплексом, ограниченным с обоих бортов коренными породами.

Низовье долины имеет поперечное направление по отношению к простираанию пород. Долина расширяется до 200 м, а ближе к устью — до 400 м. Поперечный профиль асимметричный, трапециевидный. Склоны крутизной до 30° перекрыты делювием, иногда — курумником. Наблюдаются редкие обрывистые уступы коренных пород в прирусловой части склонов. Аллювиальный комплекс долины широко представлен отложениями поймы и русла, первой и второй надпойменных террас. Третья надпойменная терраса сохранилась в виде плохо выраженных в рельефе фрагментов, значительно перекрытых склоновыми образованиями.

Здесь, в низовьях долины р. Нярта-Ю, выделяется самый нижний — приустьевой участок. Последний характеризуется следующими горно-геологическими особенностями:

повышенной мощностью торфов (мощность аллювиальных образований возрастает от 6,0 м до 19 м);

наиболее низкими (на пределе кондиций), но более выдержанными содержаниями золота;

расположением золотоносного пласта в средней части разреза аллювиальных отложений (т. е. плотик «ложной» россыпи), который представлен преимущественно тонкозернистыми осадками: мелкозернистый песок, алевроит, ил и глина;

наименее выдержанным характером кровли и подошвы пласта россыпи.

Р. Нестер-Шор является самым крупным притоком р. Нярта-Ю, впадающим в 14 км от устья. Направление его субмеридиональное. Долина ручья имеет крутой невыработанный продольный профиль и *V*-образный поперечный с симметричными высокими крутыми склонами с редкими скальными уступами, с относительно мощным делювиально-коллювиальным чехлом и курумными потоками. Ширина пойменной части 20—25 м, в низовьях — до 60—90 м. Аллювиальный комплекс представлен узкой поймой и резкими небольшими фрагментами первой и второй надпойменной террас.

В основном исследовании проводились на участке среднего течения.

Усреднённый литологический разрез долинной россыпи можно представить следующим образом:

0,0—1,0 м — пески разнотернистые, желтовато-серые, слабо иловатые с подчиненным количеством гравия и гальки, в современных руслах — галечно-валунные;

1,0—5,0 м — галечно-валунные отложения с глинисто-песчано-гравийным заполнителем, валунистость в среднем 25%, содержание глинистых и иловатых фракций не более 5%, содержание гальки 30%, гравия 14%, песка 26%; перед плотиком валунистость увеличивается до 70%, средний размер валунов 0,8 м, редких глыб — до 1,5 м; пески золотоносные;

5,0—5,3 м — дресвяно-щебнистый материал коренных пород с небольшой примесью песка и глинистой примазки (элювий); пески золотоносные;

5,3 м — плотик — коренные породы.

Усредненный литологический разрез террасовой россыпи третьей надпойменной террасы:

0,0—0,5 м — делювиальные щебнисто-галечно-глинистые отложения желтовато-бурые, количество глинистого и иловатого материала достигает 20%;

0,5—2,0 м — пески серые мелко-среднезернистые, алевритовые с редкими обломками размером 2—20 см;

2,0—5,0 м — песчано (15%)-галечно (30%)-гравийные (25%) отложения полимиктового состава, содержание валунов — 30%, Размер валунов: средний 0,4 м, максимальный до 1,0—1,5 м, пески золотоносные;

5,0—5,3 м — элювий коренных пород, его наличие и мощность зависят от характера коренных пород и их подверженности выветриванию; пески золотоносные.

Усредненный гранулометрический состав аллювиальных отложений террасовой россыпи представлен в табл. 1.

Распределение золота в россыпи неравномерное, струйчатое. В поперечном разрезе россыпей содержание металла изменяется от десятков миллиграммов до первых граммов на кубометр поро-

ды. Основную массу минералов в черных шлихах составляют гранат (52%) и ильменит (35%). В порядке убывания содержаний встречаются: эпидот (8%), амфиболы (2%), магнетит (2%), циркон, апатит, рутил, сфен. Также обнаружены единичные зёрна следующих минералов: турмалин, брукит, лейкоксен, пирит, хлорит, клиноцоизит, анатаз, силлиманит, галенит, шеелит.

Аппаратура и виды исследований. Исследования выделений золота, полученного из шлихов, включали анализ гранулометрического состава, морфологии, окатанности, уплощенности, наличия сростков золота с другими минералами, характера поверхности, химического состава и внутреннего строения.

Внутреннее строение золотин изучено в результате многоступенчатого селективного травления в соляной кислоте срезов золотин, монтированных в эпоксидной смоле и полированных раствором CrO_3 . Исследования проводились под руководством сотрудников отдела экзогенных месторождений ФГУП ЦНИГРИ С.В. Яблоковой и Л.В. Шатиловой.

Изучение химического состава россыпного золота включало определение пробы в ‰ отдельных золотин, концентрации элементов-примесей методом микрорентгеноспектрального анализа на приборе Camebax SX 50 на кафедре минералогии геологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова, аналитик И.А. Брызгалов.

Морфология золотин. В россыпи р. Нярта-Ю было отобрано 15 проб весом около 0,5 кг каждая. Из тяжёлой фракции шлихов было выделено самородное золото. Золото преобладает среднее по размерам (+1мм) - 42%, при широком распространении мелкого (-1+0,25мм) — 28% и крупного классов (+2мм) — 19%, в пробе встречено 26 весьма крупных золотин (12 мм) (табл. 2).

Формы золотин преимущественно правильные (67,5%), представлены уплощенными кристаллами и их сростками (21%). Золотины неправильной формы встречаются в подчиненном количестве

Таблица 1

Гранулометрический состав террасовой россыпи

Долина	Содержание классов крупности, %					Коэффициент разрыхления
	+200 мм	-200+20 мм	-20+2 мм	-2+0,15 мм	-0,15 мм	
Р. Нярта-Ю	25	28	16	26	5	1,38
Р. Нестер-Шор	16	20	26	35	3	1,42
среднее	22	25	20	29	4	1,4

Таблица 2

Распределение золотин по классам крупности

Классы крупности	Весьма крупное (самородки)	+2мм	-2+1мм	-1+0,5мм	-0,5+0,25
Из р. Нярта-Ю	11%	19%	42%	20%	8%
Из р. Нестер-Шор	0	0	41%	41%	18%

(11,5%) представлены «трещинными» выделениями (по классификации Н.В. Петровской [4]). Для правильных частиц и кристаллических выступов гемиидиоморфных выделений характерны следы скелетного роста, в виде террасовидных углублений на гранях или прирёберных гребней (рис. 1, Б).

Для золотин характерна относительно ровная или ямчато-ячеистая поверхность, часто в них отмечаются включения гидроксидов железа и гидратированных слюд.

Визуально окатанность золота оценивается от слабой до хорошей. Однако учитывая, что первичные формы неокатанных золотин могут иметь округленные контуры, возможно, степень окатанности следует оценивать не выше средней (рис. 1).

Из р. Нестер-Шор отобраны 5 проб весом около 0,5 кг. Выявлено всего 17 золотин классов: +1-0,5 мм

— 41%, +0,5-0,25 мм — 41%, -0,5+0,25 мм — 18% (табл. 2). Золотины характеризуются правильными (50%) и смешанными (50%) формами выделений с ровной поверхностью и неравномерным проявлением коррозии. Визуально окатанность золота варьирует от слабой до средней [4].

Слабая степень гипергенных изменений (невысокая окатанность и характер коррозионных оболочек) свидетельствует о близком переносе золота от коренного источника.

Внутреннее строение золотин. Внутреннее строение золота, независимо от его пробности, — неяснозернистое пятнисто-неоднородное, с признаками начальной деформации, что типично для метаморфических преобразований (рис. 2, А, Б). В золоте из пробы р. Нярта-Ю отмечено наличие двух генераций золота — ранней высокопробной и по-

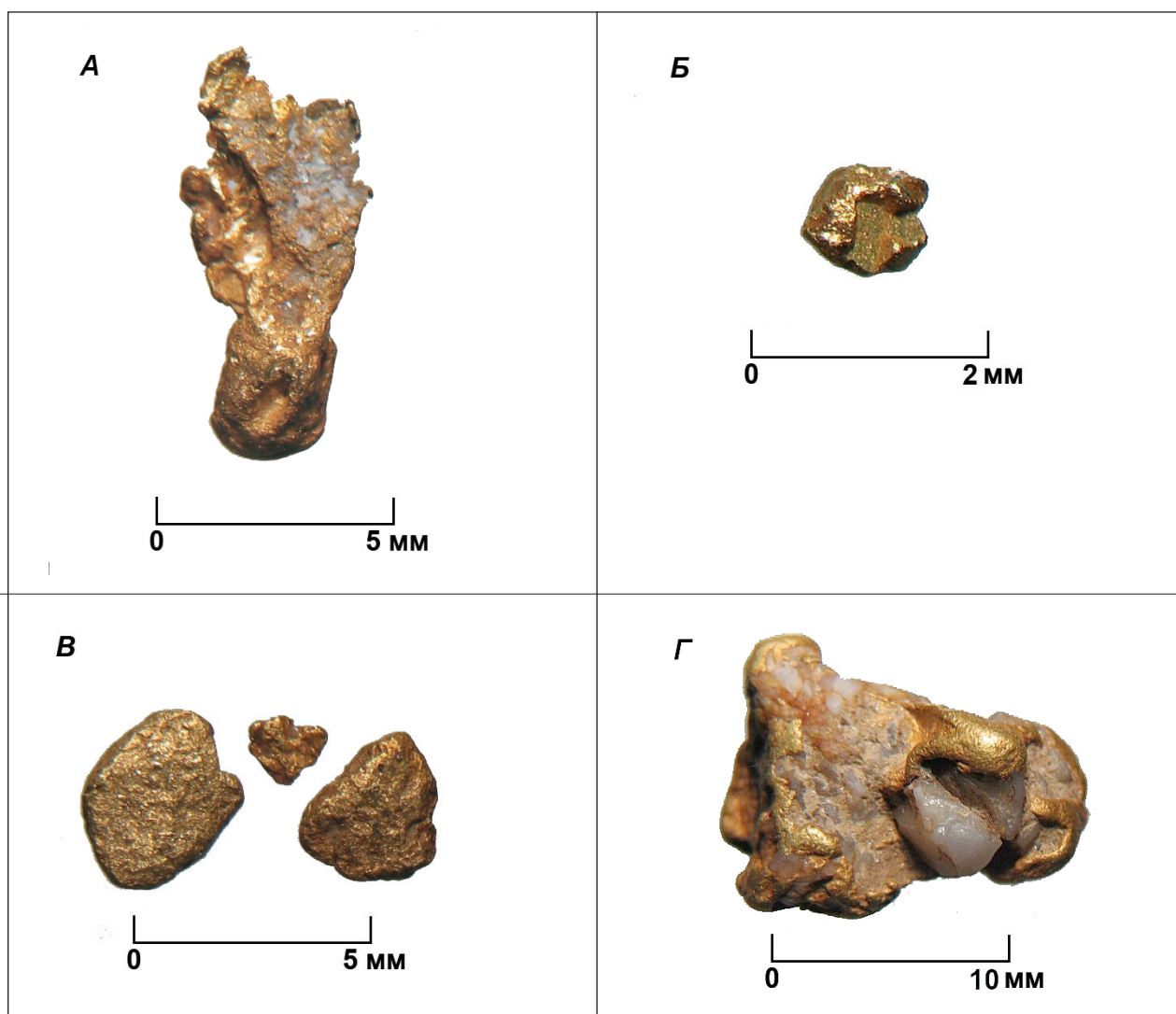


Рис. 1. Кристаллы золота: А — гемиидиоморфный, полуокатанный с ячеистой поверхностью и ксеноморфным окончанием с отпечатками вмещающих пород и кварц-гидрослюдистыми включениями, Б — слабоокатанный, слабоуплощенный; видны отпечатки вмещающих пород, В — среднеокатанный, умеренно-уплощенный и слабоуплощенный с мелкими включениями гидроксидов Fe и кварца, Г — самородок золота (1,83 г) полуокатанный гемиидиоморфный; выделение цементационное с многочисленными крупными и мелкими гранями; золото цементирует молочно-белый кварц с примесью гидрослюды, поверхность ямчатая и ячеистая, на гранях ровная

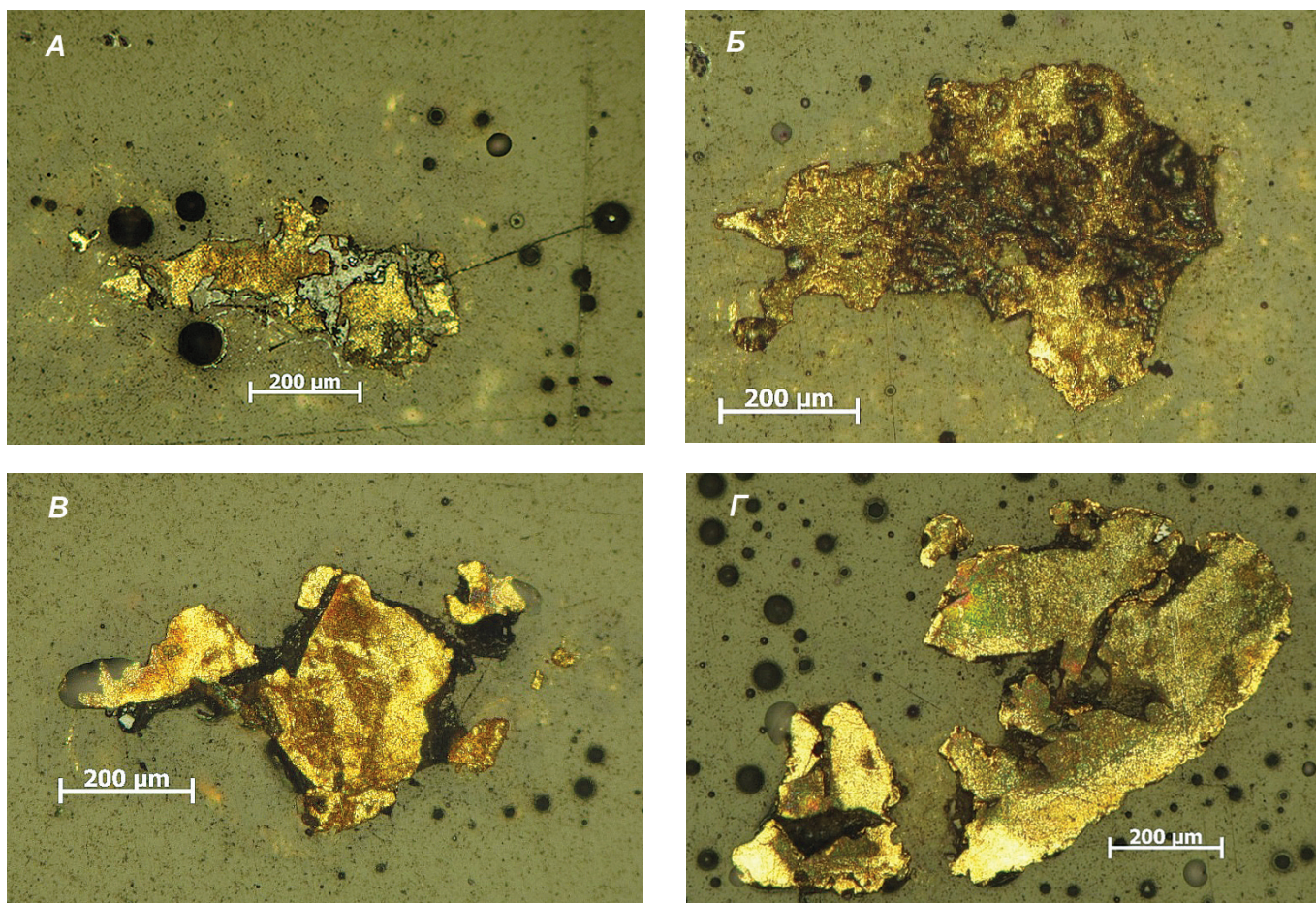


Рис. 2. Золотины: *А* — неяснозернистая, пятнисто-неоднородная (р. Нярта-Ю); *Б* — неяснозернистая, пятнисто-неоднородная с признаками начальной деформации и выщелачивания поверхности (р. Нярта-Ю); *В* — неяснозернистая, пятнисто-неоднородная с признаками начальной деформации и наложением низкопробного Au 2-й генерации (р. Нярта-Ю); *Г* — пятнисто-неоднородная с диффузионной относительно высокопробной зоной по периферии и тонкой прерывистой высокопробной коррозионной оболочкой (р. Нестер-Шор)

зней более низкопробной (рис. 2, *В*). Каймы представлены преимущественно низкопробным золотом, что отличает их от сходных по виду гипергенных новообразований.

Гипергенные коррозионные преобразования, судя по внутреннему строению, проявлены спорадически и слабо: главным образом в виде единичных высокопробных обособлений, межзерновых прожилков и тонкой коррозионной оболочки (рис. 2, *Г*). Некоторые неокатанные золотины отличаются тонкозубчатым внешним контуром, возможно, образованным в результате растворения золота при переотложении его из кор выветривания. Гранулометрический состав золота близок к золоту р. Естошор (Полярный Урал) [5].

Выявлены структуры первичного роста, эпигенетических посткристаллизационных и гипергенных преобразований, признаки разновременного отложения золота.

В россыпи Нярта-Ю почти все золотины неяснозернистые, без коррозионной оболочки, а в россыпи Нестер-Шор зернистые, почти все с коррозионной оболочкой (рис. 2). Это может говорить о

том, что россыпь Нестер-Шор древнее, чем россыпь Нярта-Ю.

Проба золота и его примеси. Химический состав золота россыпи р. Нярта-Ю характеризуется значительными вариациями пробы — от 831 до 989, в среднем 916, и примесями Cu, As, Te, Pt, Hg, Pb, Bi, типичными для золотополисульфидно-кварцевых месторождений [1]. Аномально высокое значение примеси Bi в высокопробном золоте, возмож-

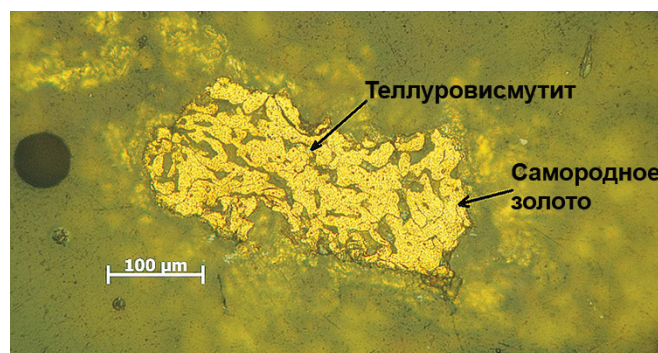


Рис. 3. Тонкозернистое строение губчатого золота с включениями теллуrowисмутита (р. Нярта-Ю)

но, связано с микровключениями теллурувисмута (рис. 3). Повышенное содержание висмута также может указывать на золотополисульфидно-кварцевый тип коренного источника [2].

Проба золота россыпи р. Нестер-Шор варьирует от 822 до 895, в среднем 866. В качестве элементов-примесей установлены Ag, Cu, Sb, Pb. Проба в среднем незначительно ниже, чем в россыпи Нярта-Ю.

Тип коренного источника. Исходя из всех характеристик самородного золота Косьюмнерского месторождения россыпного золота, используя степень информативности различных признаков самородного золота золоторудных месторождений [3], можно сделать вывод, что наиболее значимым в определение типа коренного источника являются минеральные ассоциации. По ним, а также по ряду других признаков самородного золота данного месторождения коренной источник можно отнести к золотополисульфидно-кварцевому типу.

Выводы

1. Золото рек Нярта-Ю и Нестер-Шор однотипно по морфологии, химическому составу и внутреннему строению, что позволяет относить их к единому типу коренного источника.

2. Морфология, проб и состав элементов-примесей золота рек Нярта-Ю и Нестер-Шор характерны для коренных источников золотополисульфидно-кварцевого типа.

3. Слабая степень гипергенных изменений (невысокая окатанность и характер коррозионных оболочек) свидетельствует о близком расположении коренного источника.

4. Наличие золота двух генераций свидетельствует о полистадийном характере минерализации, с выделением более низкопробного золота в более позднюю стадию.

5. Внутреннее строение золотин (неяснозернистое пятнисто-неоднородное, с признаками начальной деформации) свидетельствует о его метаморфических преобразованиях.

6. Россыпь Нестер-Шор древнее, чем россыпь Нярта-Ю, о чём говорит высокопробная кайма золотин (т. е. вынос серебра со временем), возможны два однотипных коренных источника.

7. Золото в среднем представляет класс +1 мм. Окатанность его различная. Иногда в золотилах встречаются включения кварца. Средняя проба золота 906, разброс проб по отдельным образцам составляет 167. Микропримеси в золоте — серебро, медь, висмут, ртуть, мышьяк.

ЛИТЕРАТУРА

1. Николаева Л.А., Некрасова А.Н., Яблокова С.В., Шатилова Л.В. Самородное золото рудных и россыпных месторождений России (Атлас). Издание 2-е, М.: ЦНИГРИ, 2015. 200 с.
2. Николаева Л.А., Яблокова С.В. Типоморфные особенности самородного золота и их использование при геолого-разведочных работах // Руды и металлы, 2007. № 6. С. 41–57.
3. Николаева Л.А., Гаврилов А.М., Некрасова А.Н., Яблокова С.В. Обобщённые признаковые модели самородного золота месторождений различных рудно-формационных типов // Руды и металлы. 2008. № 3. С. 62–68.
4. Петровская Н.В. Самородное золото. М.: Наука, 1973. 347 с.
5. Устюгова К.С., Печерин В.Н. Типоморфные особенности золота и источники питания россыпи Естошор (Полярный Урал) // Вестник института геологии Коми научного центра Уральского отделения РАН. 2013. № 3 (219). С. 2–7.

REFERENCES

1. Nikolaeva L.A., Nekrasova A.N., Yablokova S.V., Shatilova L.V. *Native gold of ore and placer deposits of Russia (Atlas)*. M., CNIGRI Publ., 2015, 200 p. (In Russian).
2. Nikolaeva L.A., Yablokova S.V. Typomorphic features of native gold and their use in exploration. *Ores and metals*, 2007, no 6, pp. 41–57. (In Russian).
3. Nikolaeva L.A., Gavrilov A.M., Nekrasova A.N., Yablokova S.V. Generalized indicative models of native gold deposits of various oreformation types. *Ores and metals*, 2008, no 3, pp. 62–68. (In Russian).
4. Petrovskaya N.B. *Native gold*. M., Nauka Publ., 1973, 347 p. (In Russian).
5. Ustyugova K.S., Pecherin V.N. Typomorphic features of gold and power sources placers Estoshor (Polar Urals). *Bulletin of the Institute of Geology of Komi scientific center of the Ural branch of RAS*, 2013, no 3 (219), pp. 2–7. (In Russian).

МИНЕРАЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СВИНЦОВО-ЦИНКОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ РАЙОНА ЧОДОН-ЧОДЬЕН СЕВЕРНОГО ВЬЕТНАМА

З.Х. НГУЕН¹, П.А. ИГНАТОВ¹, Ч.Т. НГУЕН¹, Д.Н. ТАНГ²

¹ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе»
23, Миклухо-Маклая ул., г. Москва 117997, Россия
e-mail: nguyenduyhung@humg.edu.vn, petrignatov@gmail.com, nguyentrungthanh@humg.edu.vn

²Вьетнамский институт геонаук и минеральных ресурсов
67, Чьен Тханг ул., г. Ханой, Вьетнам
e-mail: tdm2000@gmail.com

В районе Чодон-Чодьен локализованы свинцово-цинковые месторождения, включающие около 40% всех запасов этих руд Вьетнама. Большая часть месторождений скрытые. Свинцово-цинковое оруденение сосредоточено в терригенно-карбонатных породах нижнего девона и связано с позднепермско-триасовым комплексом гранитов Фья Биок. Выделены парагенетические ассоциации руд и составлена схема последовательности минералообразования. Помимо главных компонентов свинцово-цинковые руды включают сопутствующие элементы Mn, Fe, Cu, Cd, Bi, As, Ag, Sn, W, Sb. Установлена высокая положительная корреляция свинца с сурьмой, цинка с кадмием. Положительная корреляция выявлена для свинца с серебром, цинка с вольфрамом и молибденом. Слабая положительная корреляция отмечена для свинца с оловом и вольфрамом, цинка с медью. Представленные данные целесообразно использовать при прогнозировании скрытых свинцово-цинковых месторождений в рудном районе Чодон-Чодьен.

Ключевые слова: свинцово-цинковые скрытые месторождения; геологическое строение; оруденение; геохимия; Чодон-Чодьен.

DOI:10.32454/0016-7762-2018-5-31-38

MINERALOGICAL-GEOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF LEAD-ZINC DEPOSITS IN CHODON-CHODIEN AREA, NORTH-EASTERN VIETNAM

NGUYEN DUY HUNG¹, P.A. IGNATOV¹, NGUYEN TRUNG THANH¹, TANG DINH NAM²

¹Russian State Geological Prospecting University,
23, Miklouho-Maklay street, 117997 Moscow, Russia
e-mail: nguyenduyhung@humg.edu.vn, petrignatov@gmail.com, nguyentrungthanh@humg.edu.vn

²Vietnam Institute of Geosciences and Mineral Resources
67, Chien Thang st., Ha Noi, Viet Nam;
e-mail: tdm2000@gmail.com

Cho Don-Cho Dien is a potential area for lead-zinc deposits with reserves of about 40% of Vietnam's total lead-zinc ores. Most of the deposits are hidden. The results of geological structural analysis have shown that the lead-zinc mineralization here is mainly concentrated in terrigenous-carbonate sediments of Devonian age and closely related to late Permian-Triassic granite Phia Bioc complex. The paragenetic ores associations have been distinguished and a scheme of minerals formation has been designed. By the geochemical composition, lead-zinc ore consist of principal elements (Pb, Zn) and the accompanying elements (Mn, Fe, Cu, Cd, Bi, As, Ag, Sn, W, Sb). Statistical analysis has indicated that Pb has a strong positive correlation with Sb, a moderate correlation with Ag and a weak correlation with Sn and W. While Zn has strong, moderate and weak correlations with Cd, W and Cu, respectively. The presented data should be used for finding the hidden lead-zinc ore deposits in the Cho Don — Cho Dien area.

Keywords: hidden lead-zinc deposits; geological structure; mineralization; geochemistry; Cho Don — Cho Dien.

Район Чодон-Чодьен расположен на северо-востоке Вьетнама, в 180 км севернее Ханоя. В геологическом строении района принимают участие терригенные и терригенно-карбонатные осадоч-

ные породы палеозойского возраста [3—5, 7, 10]. К настоящему времени многие свинцово-цинковые месторождения района детально изучены: Ба-Бо, На-Тум, Лунг-Ванг, На-Боп, Пу-Шап. В них со-

средоточено около 40% всех запасов таких руд Вьетнама. В последних отмечается большой набор элементов-примесей, часть из которых может иметь промышленное значение в качестве попутных полезных компонентов.

Целью работы являлось изучение минералогеохимических характеристик руд, которые следует использовать при оценке их качества и типизации месторождений. Полученные данные необходимо учитывать при прогнозировании аналогичных месторождений в районе работ. Для достижения этой цели необходимо решить следующие задачи: изучить геологические условия локализации свинцово-цинковых рудных тел; диагностировать минеральный состав руд; выявить стадийность рудообразования; проанализировать элементный состав руд; определить корреляционные связи основных и примесных компонентов.

Фактический материал и методы исследования

В основу работы положены материалы разведки нескольких месторождений, входящих в рудные поля Чодон и Чодьен, и данные, полученные авторами в ходе полевых и лабораторных работ в период 2010–2015 гг. Изучение штучков и шлифов из шести месторождений (55 шт.) проведено в лаборатории Горно-геологического университета и лаборатории Вьетнамского института геонаук и минеральных ресурсов (г. Ханой). Определение химического состава руд по 136 пробам выполнено во Вьетнамском центре геолого-экспериментального анализа методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (ICP MS). Геохимические связи рудных компонентов установлены методом многомерного статистического корреляционного анализа.

Геологическое строение свинцово-цинковых месторождений в районе Чодон-Чодьен

Рудоносные палеозойские толщи сложены кварцсерицитовыми и глинистыми сланцами ордовика и силура, известковыми аргиллитами, алевролитами, известняками, пачками переслаивания известняков с кварцитами, амфиболовыми туфами и туфопесчаниками нижнего девона (рис. 1). Пласты смяты в брахиформные складки и разбиты разломами. Абсолютное большинство свинцово-цинковых месторождений и рудопроявлений в рассматриваемом районе локализовано в терригенно-карбонатных породах нижнего девона. Лишь одно рудопроявление, находящееся вблизи границы с девонской карбонатной толщей, приурочено к верхнеордовикско-нижнесилурийским терригенным породам. Большая часть свинцово-цинковых месторождений сосредоточена в узлах пересечения меридиональных и северо-восточных разломов. В этих объектах

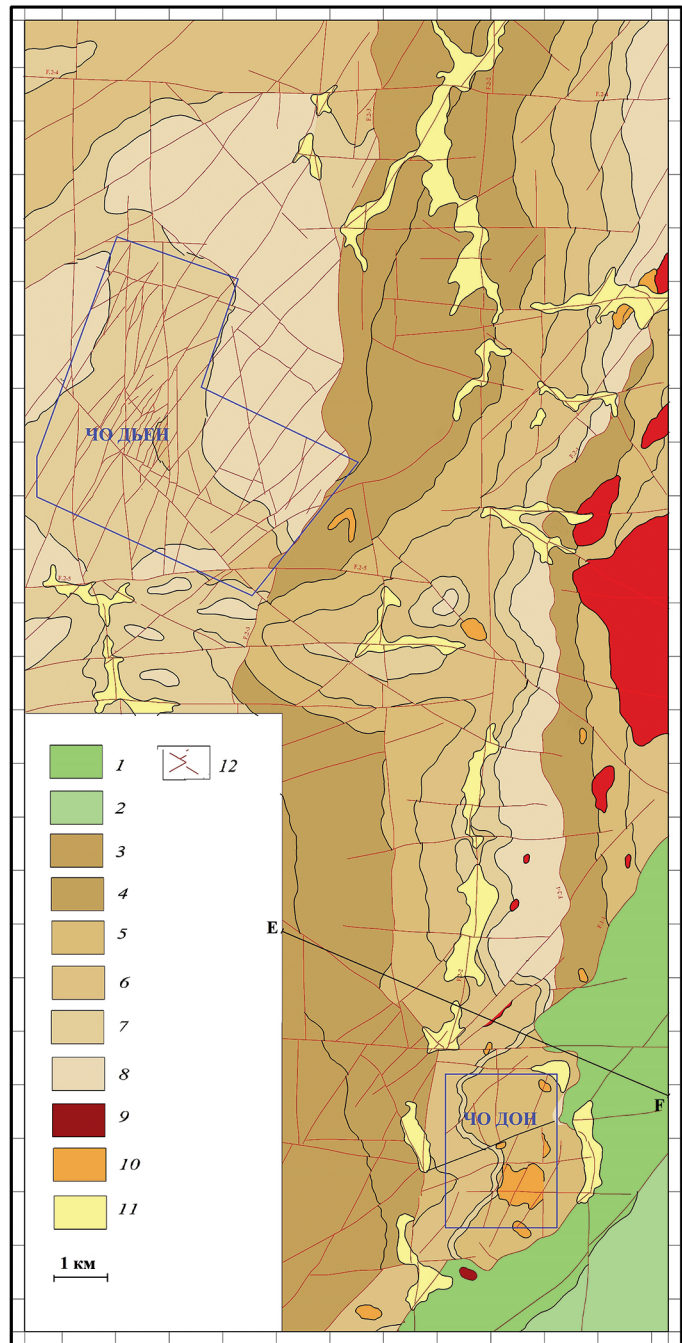


Рис 1. Геологическая карта района Чодон-Чодьен [7]: 1–2 – верхнеордовиковские–нижнесилурийские отложения Фу Нгу свиты (O_3-S_{1pn}): 1 – кварцево-серицитовые сланцы, кварцевые песчаники; 2 – кварцево-серицитовые сланцы, контактовые роговики; 3–6 – нижнедевонские отложения: 3 – черные глинисто-серицитовые и серицитовые сланцы (D_1^1); 4 – кварцево-серицитовые сланцы (D_1^2); 5 – глинистые песчаники, мергельные сланцы, сланцы (D_1^3); 6 – кварцевые песчаники глинисто-серицитовые и серицитовые сланцы, битуминозные алевролиты, филлиты и известняки (D_1^4); 7–8 – ниже-среднедевонские отложения Хао Лок свиты (D_{1-2kl}): 7 – чёрно-серые известняки (D_{1-2kl}^1); 8 – светло-серые известняки и полосчатые мрамора (D_{1-2kl}^2); 9 – четвертичные отложения; 10–11 – пермотриасовые интрузивные образования: 10 – граниты комплекса Фья Биок ($\gamma\alpha P_3-T_{1pb}$); 11 – габбро комплекса Чо Дон ($\alpha\delta\gamma P_3-T_{2cd}$); 12 – разломы

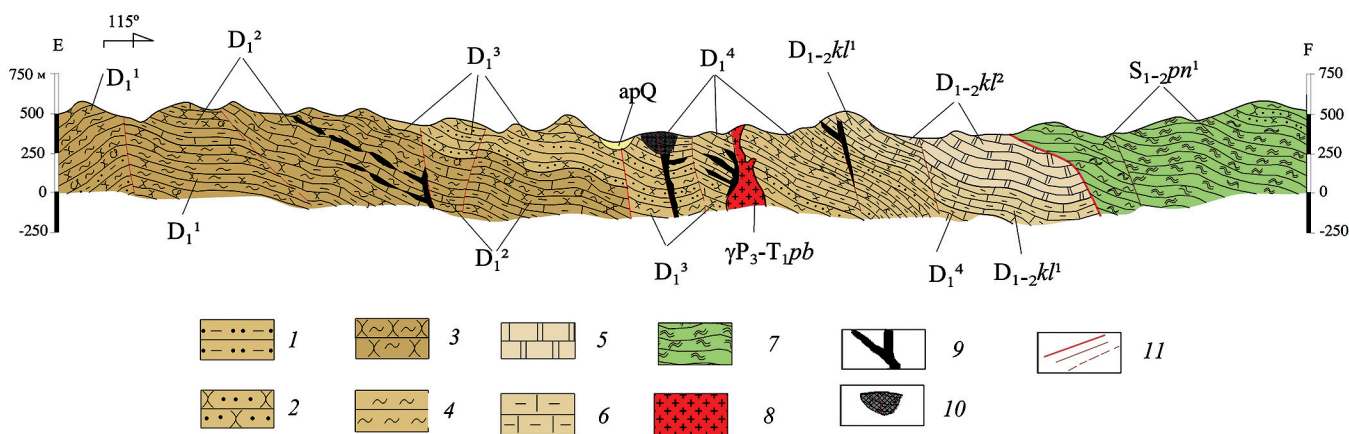


Рис 2. Геологический разрез района Чодон-Чодьен [7]: 1 – песчаники; 2 – кварциты; 3 – глинисто-серицитовые сланцы; 4 – серицитовые сланцы; 5 – мрамора; 6 – известковые сланцы; 7 – контактовые роговики; 8 – граниты; 9 – залежи сульфидных руд; 10 – залежи окисленных руд; 11 – разломы разных порядков

преобладают секущие жильные рудные тела. Остальные месторождения представлены субсогласными стратойдными залежами (рис. 2). Рудоносные зоны сосредоточены в пачках серых известняков, в которых отмечаются слои аргиллитов, алевролитов и туфопесчаников.

Распространены пластообразные, линзообразные, в том числе чётковидные, жильные и пламенеvidные рудные тела. Элементы их залегания существенно варьируют: на разных месторождениях отмечаются залежи от пологозалегающих до крутопадающих.

В районе Чодон-Чодьен известны позднепермско-триасовые интрузивные комплексы гранитов Фья Биок (γP_3 - T_1pb) и габбро Чо-Дон (γP_3 - T_2cd). Комплекс Фья Биок включает порфировидные гранодиориты и граниты, лейкократовые мелкозернистые граниты и кварцевые диориты.

Спектральный анализ 25 проб гранитов комплекса Фья Биок показал, что они обогащены свинцом и цинком. В этих гранитах кларки-концентрации рассчитаны по отношению содержаний к кларкам в изверженных породах [1], кларки-концентрации в гранитах комплекса Фья Биок составили для свинца 2–8, цинка 3–4.

Модельный геологический возраст комплекса гранитов определён уран-свинцовым методом по цирконам — 200–280 млн. лет [6]. Также получен возраст свинцово-цинковых сульфидных руд района Чодон — 215–265 млн. лет [6]. В последние годы Д.Н. Тангом тем же методом установлены следующие возраста свинцово-цинковых руд района: месторождений Деоан и Биньчай — 259 ± 40 и 264 ± 40 млн. лет, месторождений Лунгванг и Кхуоизанг — 300 ± 40 и 329 ± 40 млн. лет.

Эти факты указывают на геохимическую, временную и, по-видимому, генетическую связи гранитного магматизма и многих полиметаллических месторождений, а также на полихронность и вероятную полигенетичность рудообразования.

Минеральный состав руд и стадийность рудообразования

Минеральный состав руд всех месторождений практически одинаковый: сфалерит, галенит, пирротин, пирит, арсенопирит, халькопирит, более редкие тетраэдрит, станнин, касситерит и монацит. Жильные минералы представлены кварцем, серицитом, хлоритом, эпидотом, биотитом, мусковитом, кальцитом и доломитом. Текстуры руд этих месторождений прожилково-вкрапленные, вкрапленные и реже массивные. Главными рудными минералами являются сфалерит, галенит и пирит.

Сфалерит диагностирован в большинстве изученных рудных образцов вышеназванных месторождений, его содержания в руде колеблется от 2 до 60%, в среднем 29,1%. Он имеет коричневую и серо-коричневую окраски, обогащен железом (9,2%) и представлен двумя генерациями. Сфалерит I сложен агрегатами неправильных зёрен, которые образуют полосы и линзы мощностью от 0,1 до 1 мм. Под микроскопом в агрегатах сфалерита установлены эмульсионные вкрапления галенита, халькопирита и пирротина, которые концентрируются в микрополосках вдоль поперечного сечения сфалерита (рис. 3, а, б). Сфалерит I корродируется и замещается галенитом II и халькопиритом II. Сфалерит II представлен мелкими неправильными зёрнами, образующими парагенезисы с галенитом I, халькопиритом и пиритом. Минеральный комплекс сфалерит-галенит-халькопирит часто корродирует и замещает пирит, пирротин и арсенопирит.

Содержания галенита установлены в пределах от нескольких долей до 40%, в среднем 8,4%. Выделяются две генерации галенита. Галенит I слагает неправильные и пластинчатые агрегаты в парагенезисе со сфалеритом II, пиритом, халькопиритом, пирротин и арсенопиритом. Наиболее час-

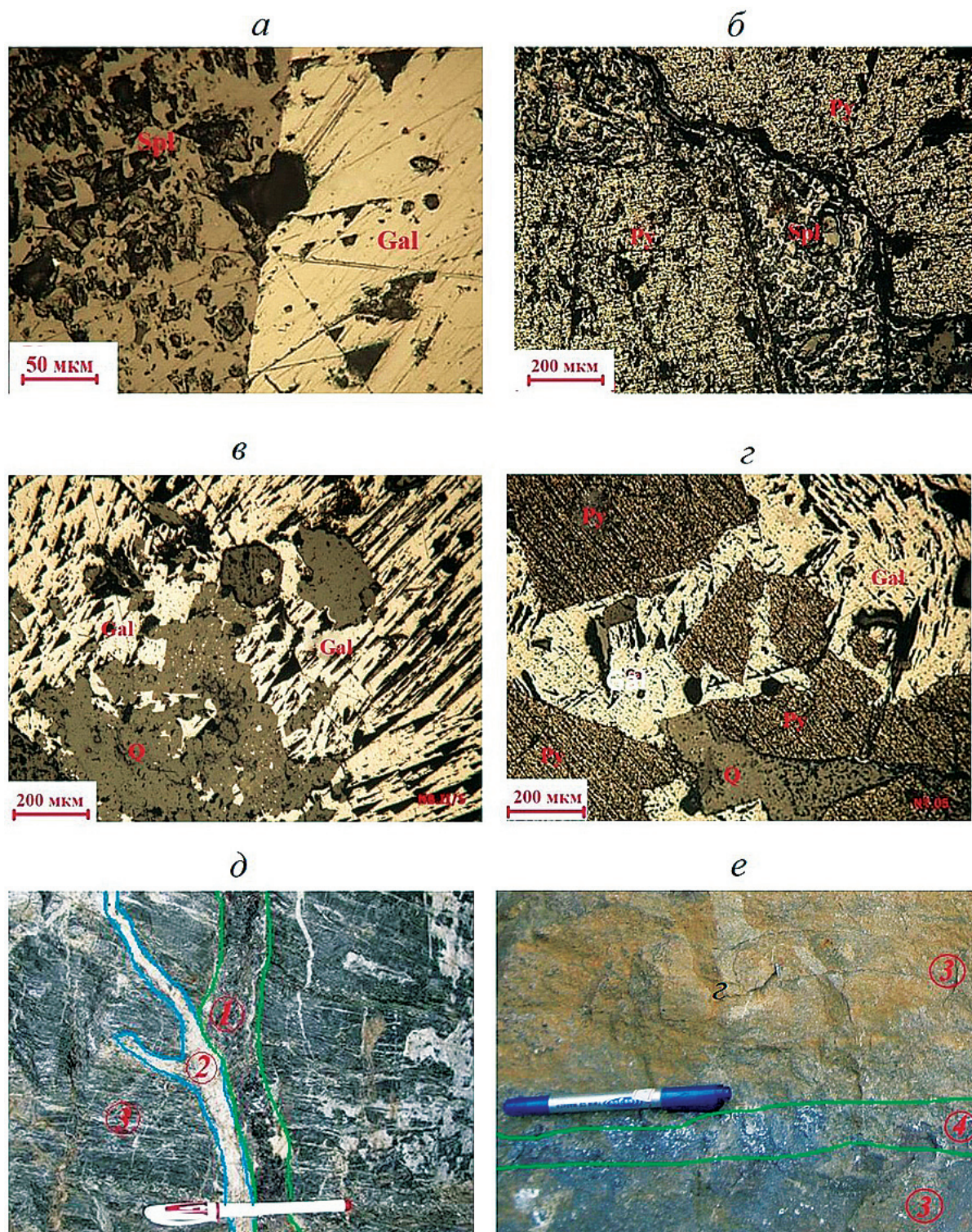


Рис. 3. Текстурно-структурные характеристики руд: а–с – микрофото шлифов: а – контакт сфалерита (Spl) с галени-
том (Gal); б – сфалерит (Spl) замещает микропрожилки пирита (Py); в – галенит (Gal) в прожилке кварца; г – галенит
(Gal) замещает микропрожилки пирита (Py); д–е – фото образцов: д – сфалеритовый прожил в известняке, е – галени-
нит-сфалеритовый прожил в известняке: 1 – сфалеритовый прожил; 2 – кальцитовый прожил; 3 – извест-
няк; 4 – галенит-сфалеритовый прожил

то отмечается срастание галенит I с пирротином. К относительно крупным выделениям галенита II приурочены круглые, цилиндрические или пластинчатые включения пирротина (рис. 3, в, г). Выделения галенита II образуют аллотриоморфнозер-

нистую структуру (искривлённые микропластинки сфалерита II и микрочастицы халькопирита).

Пирит является наиболее распространённым минералом руд, его концентрации иногда достига-
ют 17,6%. В исследованном районе распростране-

ны четыре генерации пирита. Пирит I чередуется с полосками сфалерита, содержащими вкрапления пирротина, халькопирита и галенита, мощностью от 0,01 до 0,5 мм. Он также слагает цемент брекчий с обломками вмещающих пород. Он замещается агрегатами сфалерита II и галенита II. Пирит II представлен относительно крупными (от 0,05 до 2 мм) выделениями в парагенезисе с пирротином и арсенопиритом. В агрегатах часто встречаются смятые и механически нарушенные с микротрещинами частицы. Они корродированы и замещены галенитом. Пирит III находится в парагенезисе с арсенопиритом, пирротином, сфалеритом, галенитом и халькопиритом, образуя паналлотриоморфнозернистые и идиоморфнозернистые структуры.

Пирит IV представлен мелкими кубическими зёрнами и их агрегатами размером от 0,05 до 0,2 мм. Он практически равномерно распределён в рудах и вмещающих породах.

Присутствие в свинцово-цинковых рудах графита, арсенопирита, пирротина, спекулярита, рутила, станнина, касситерита, монацита, галеновисмута и самородного висмута указывает на высокотемпературные (> 250—300°C) условия минералообразования.

В рудах исследованного района наиболее распространены полосчатые и микролинзовидные структуры, в которых в мелкозернистых доломитах и известняках чередуются мономинеральные агрегаты сфалерита, пирита и пирротина. Также типич-

Этапы и стадии	Стадии гидротермального этапа					Этап выветривания
	I	II	III	IV	V	
Минеральные парагенезисы	Касситерит + магнетит	Арсенопирит + пирит I	Галенит I + сфалерит I + халькопирит + пирит II	Галенит II + сфалерит II + пирит III	Пирит IV	Гётит + англезит + скородит + церуссит + лимонит
Жильные минералы						
Рудные минералы	Кварц, биотит, мусковит	Кварц, серицит, клорит, эпидот	Кварц, кальцит, доломит	Кварц, кальцит, доломит	Кварц	
Магнетит						
Спекулярит						
Касситерит						
Рутил						
Станнин						
Пирит						
Пирротин						
Халькопирит						
Монацит						
Арсенопирит						
Сфалерит						
Галенит						
Висмут самородный						
Графит						
Лейкоксен						
Скородит						
Ковеллин						
Англезит						
Церуссит						
Гётит						
Лимонит						
Текстуры и структуры руд	Полосчатая, вкрапленная, прожилково-вкрапленная, массивная	Полосчатая, вкрапленная, прожилково-вкрапленная, массивная	Полосчатая, вкрапленная, прожилково-вкрапленная, массивная	Вкрапленная, прожилковая, массивная	Прожилковая	Каркасная, пористая

— 1 — 2 — 3

Рис. 4. Схема последовательности минералообразования свинцово-цинковых руд месторождений района Чодон-Чодьен: 1 — главные минералы; 2 — сопутствующие минералы; 3 — редкие минералы

Таблица 1

Содержания элементов (г/т) в свинцово-цинковых рудах месторождений района Чодон-Чодьен по ICP MS

Элемент	Число проб	Содержания			Кларк концентрации (по А.П. Виноградову, 1962)	Коэффициент вариации V , %
		минимальное	максимальное	среднее		
Ag	122	2,0	3220	77,89	0,07	147,01
As	97	20,2	9909	363,43	1,7	243,04
B	136	13,2	74,3	36,04	12	27,10
Ba	119	4,8	496,4	65,98	650	121,40
Be	20	5,0	7,8	6,09	3,8	13,49
Bi	35	10,2	114	38,91	0,09	72,09
Cd	120	2,4	1988	260,67	0,13	96,36
Ce	103	5,8	281,7	38,89	70	104,89
Co	117	2,0	106,8	8,76	18	118,38
Cr	135	9,6	137,4	37,57	83	63,50
Cu	117	10,8	3625,2	313,91	47	85,58
La	67	5,0	202	20,37	29	137,80
Li	77	5,1	66,9	11,14	32	84,23
Mo	56	5,6	18,1	9,47	1,1	34,36
Nb	15	5,1	13,4	8,57	20	35,17
Ni	126	5,3	130,8	18,41	58	97,54
Pb	129	70,7	95367,4	14838,55	16	160,22
Sb	83	11,6	2185	104,87	0,5	238,61
Sc	33	5,1	137,2	40,46	10	103,55
Sn	106	13,6	6711	113,12	2,5	96,17
Sr	132	6,8	1522	164,21	340	130,67
V	127	2,2	77,3	20,36	90	76,29
W	17	23,0	1026,1	260,58	1,3	134,27
Y	42	5,1	71,9	13,29	29	91,71
Zn	136	392,0	262750,2	71817,37	83	99,58

ными являются массивные, пятнистые, прожилковые и вкрапленно-прожилковые текстуры руд (рис. 3 д, е).

На гипергенном этапе формировалась ассоциация окисленных руд: гётит, англезит, скородит, церуссит, ковеллин и лимонит.

Схема последовательности минералообразования приведена на рис. 4.

Распределение основных и попутных элементов в свинцово-цинковых рудах

Результаты ICP MS анализов 136 проб первичных сульфидных руд показали, что помимо главных элементов Zn и Pb, в рудах концентрируются Mn, Fe, Cu, Cd, Bi, As, Ag, Sn, W и Sb (табл. 1). По соотношению свинца и цинка намечается ряд месторождений, в которых резко преобладает тот или иной компонент до примерно равных количеств (табл. 2). Для объектов северного рудного поля Чодьен характерны высокие содержания цинка, для расположенных южнее месторождений рудного поля Чодон — свинца.

Содержания цинка колеблются в широких пределах от 0,04 до 26,28%, в среднем 7,18%, коэффициент вариации содержаний 99,58%. Наибольшая неравномерность распределения цинка отмечается для нижних частей рудных тел. С цинком тесно

связаны концентрации кадмия, который главным образом сосредоточен в сфалерите.

Колебания содержаний свинца составляют от 0,001 до 9,54%, среднее 1,48%, коэффициент вариации 160,22%, что отражает большую его изменчивость по сравнению с цинком. Наиболее неравномерное распределение свинца характерно для верхних частей рудных тел.

Серебро довольно часто присутствует в рудах в повышенных концентрациях и колеблется от 2 до 3320 г/т, среднее 77,89 г/т, коэффициент вариации содержаний 147%. Распределение серебра в рудах прямо связано со свинцом (коэффициент корреляции 0,63), поскольку оно главным образом сосре-

Таблица 2

Соотношение свинца и цинка в рудах месторождений района Чодон-Чодьен по коэффициенту $K = Pb/(Pb + Zn)$

Месторождение	K	Район
Лунг Хоай	0,01	Чодьен
Фья Хао	0,04	
Бин Чай	0,26	
Део Ан	0,44	
На Боп	0,60	Чодон
На Тум	0,66	
Лунг Ванг	0,73	
Пу Шап	0,79	
Ба Бо	0,88	

Таблица 3

Матрица коэффициентов корреляции элементов свинцово-цинковых руд месторождений района Чодон-Чодьен

	Ag	As	Ba	Bi	Cd	Co	Cr	Cu	Mo	Ni	Pb	Sb	Sn	W	Zn
Ag	1,00														
As	0,20	1,00													
Ba	-0,04	-0,01	1,00												
Bi	0,13	-0,06	0,33	1,00											
Cd	0,08	-0,05	-0,34	0,03	1,00										
Co	0,11	0,08	0,03	0,11	0,13	1,00									
Cr	0,18	0,18	0,44	0,08	-0,15	0,17	1,00								
Cu	0,13	0,07	-0,26	-0,16	0,46	0,01	-0,08	1,00							
Mo	-0,03	0,18	-0,22	0,09	0,48	0,07	-0,37	0,17	1,00						
Ni	-0,11	-0,06	0,24	0,12	-0,09	0,16	0,21	-0,07	-0,24	1,00					
Pb	0,63	0,02	-0,02	-0,08	0,08	0,14	0,29	0,15	-0,01	-0,07	1,00				
Sb	0,68	0,07	0,03	-0,21	-0,14	-0,05	0,06	0,04	-0,13	-0,03	0,76	1,00			
Sn	0,17	0,07	-0,06	-0,21	-0,06	-0,06	0,04	0,21	0,04	-0,08	0,32	0,04	1,00		
W	0,30	-0,23	-0,25	0,03	0,80	-0,46	-0,11	0,05	0,04	-0,15	0,45	0,25	0,46	1,00	
Zn	0,09	-0,09	-0,33	-0,08	0,89	0,08	-0,11	0,46	0,51	-0,08	0,04	-0,11	0,08	0,56	1,00

Примечание. Жирным шрифтом выделены значимые коэффициенты корреляции свинца и цинка.

доточено в галените. Высокие концентрации серебра (175 г/т) характерны для руд месторождений Натум и Кванкбаче, расположенных на севере рудного поля Чодон. В них серебро главным образом сосредоточено в пираргирите и в меньшей степени — в галените.

Содержания меди составляют от 10,8 до 3625,2 г/т, среднее 313,91 г/т, коэффициент вариации 85,58%. Медь сконцентрирована в халькопирите и маркирует нижние части рудных тел.

Концентрация сурьмы от 11,6 до 2185 г/т, в среднем 104,87 г/т, коэффициент вариации 238,61%. Содержания сурьмы прямо пропорциональны количеству свинца, коэффициент корреляции 0,76. Относительно высокие концентрации сурьмы встречаются на месторождениях На Туме и Кванг Баче в рудном поле Чодон в верхних частях рудных тел.

Содержания кадмия колеблются от 2,4 до 1988 г/т, коэффициент вариации 96,36%. Он тесно связан с цинком и концентрируется в сфалерите со средним содержанием 0,37% по 120 пробам монофракций. Концентрации кадмия отмечены в нижних частях рудных тел месторождений Фья Хао и Део Ане в рудном поле Чодьен.

Мышьяк (от 20,2 до 9909 г/т, среднее 363,43 г/т, коэффициент вариации 243,04%) в основном сконцентрирован в арсенопирите, в меньшей мере — в пирротине и пирите. Его концентрации характерны для нижних частей рудных тел.

Количество олова колеблются от 13,60 до 6711 г/т, среднее 13,12 г/т, коэффициент вариации 96,17%. Оно сосредоточено в касситерите и станнине. Аномальные концентрации олова зафиксированы на месторождениях Лунгванге на юге поля Чодон.

Содержания вольфрама варьируют от 23 до 1026,1 г/т, коэффициент вариации 134,27%. Воль-

фрам главным образом сосредоточен в касситерите, среднее содержание 1,36% (17 проб монофракций). Концентрационные аномалии вольфрама находятся на месторождениях Лунгванге в Южном Чодоне.

Корреляционный анализ показал высокую положительную связь свинца с сурьмой (коэффициент корреляции 0,76), цинка с кадмием (коэффициент корреляции 0,89) (табл. 3), Невысокая положительная корреляция отмечена у свинца с серебром (коэффициент корреляции 0,63), у цинка с вольфрамом и молибденом — 0,56 и 0,51. Установлена слабая положительная корреляция свинца с оловом (0,32) и вольфрамом (0,45), цинка с медью (0,46).

В целом распределение свинца, цинка и попутных компонентов отражают существенные отличия месторождений рудных полей Чодон и Чодьен.

Выводы

Проведённые исследования позволяют сделать выводы, которые следует использовать при разработке поисковых критериев и признаков полиметаллических месторождений в районе Чодон-Чодьен и других районах Северного Вьетнама.

1. В свинцово-цинковых рудах концентрируются многие ценные компоненты: Ag, Cu, Cd, Sb, Sn и W, что увеличивает промышленную ценность руд.

2. Распределение свинца, цинка и попутных элементов в рудных телах неравномерное. В их верхних частях сосредоточены цинк, медь, кадмий и мышьяк, в нижних — свинец, серебро и сурьма, что следует учитывать при оценке качества руд на отдельных месторождениях.

3. Существует различие между рудами месторождений рудных полей Чодон и Чодьен. В северном поле Чодьен галенит преобладает над сфалеритом, в южном поле Чодон их содержания сопоставимы или цинк преобладает. Для месторождений рудного поля Чодон характерны повышенные концентрации серебра, олова и вольфрама.

4. Свинцовые руды в районе Чодон-Чодьен содержат монацит, в котором присутствует изоморфная примесь урана и тория. Поэтому для проведения эффективных поисков скрытых месторождений, авторы предлагают использовать гамма-спектрометрический метод в наземном или аэроварианте.

ЛИТЕРАТУРА

1. Виноградов А.П. Среднее содержание химических элементов в главных типах изверженных горных пород земной коры // Геохимия. 1962, № 7. С. 535–571.
2. Добровольская М.Г. Свинцово-цинковое оруденение (рудные формации, минеральные парагенезисы, особенности рудоотложения). М.: Наука, 1989. 216 с.
3. Довжиков А.Е., Буй Фу Ми, Василевская Е.Д. Геология Северного Вьетнама // Наука и техника. 1965. 668 с. (Вьетнам).
4. Нгуен З.Х. Геологическая структура и характеристики свинцово-цинкового месторождения Чодон — Северного Вьетнама // Доклад на XIII Международной научно-практической конференции «Новые идеи в науках о Земле». М., 2017. С. 284–285.
5. Нгуен З.Х., Игнатов П.А., Нгуен Ч.Тх. Минералогические характеристики свинцово-цинковых месторождения района Чодон, северного Вьетнама // Доклад на Международной научно-практической конференции «Стратегия развития геологического исследования недр: настоящее и будущее». М., 2018. С. 337–338.
6. Нгуен Кхак Винь. Радиоактивный возраст и биохимическая характеристика сложных гранитов Фья Биок на основе геохимических и свинцовых изотопов // Геология, 1982. № 154. (Вьетнам).
7. Нгуен Ч. Тх., Нгуен К.З., Ву Ле Ту. Рудные характеристики и генезис свинцово-цинковых руд на месторождении На-Тум, Чо Дон, Бак-Кан // Журнал природных ресурсов и окружающей среды. 2014. №4. С. 82–88. (Вьетнам).
8. Чан Чонг Хоа. Внутриплитный магматизм Северного Вьетнама и её металлогения. Дис. ... докт. геол.-мин. наук. Новосибирск, 2007. 200 с.
9. Чан Чонг Хоа, Изох А.Э., Поляков Г.В., Борисенко А.С., Чан Туан Ань, Балькин П.А., Нго Тхи Фыонг, Руднев С.Н., Ву Ван Ван, Буй Ан Ньен, Пермоториасовый магматизм и металлогения Северного Вьетнама в связи с эмейшаньским плюмом // Геология и геофизика. 2008. Т. 49. №. 7. С. 637–651.
10. Чан Туан Ань, Гаськов И.В., Чан Чонг Хоа, Неволько П.А., Фам Тхи Зунг, Фам Нгок Кан // Геология и геофизика. 2012. Т. 53. № 7. С. 817–833.
11. Чан Ван Зыонг. Геологическое строение и условия формирования полиметаллических рудных полей Северо-Восточного Вьетнама. Автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук. Баку, 1990. 37 с.
1. Vinogradov A.P. Srednee sodержanie khimicheskikh ehlementov v glavnykh tipakh izverzhennykh gornyykh porod zemnoy kory [The average content of chemical elements in the main types of igneous rocks of the earth's crust]. *Geokhimiya* [Geochemical] 1962, no 7, pp. 535–571. (In Russian)
2. Dobrovolskaya M.G. *Svincovo-cinkovoe orudnenie (rudnye formacii, mineral'nye paragenezisy, osobennosti rudootlozheniya)* [Lead-zinc mineralization (ore formations, mineral parageneses, features of ore deposition)], M., Nauka Publ., 1989, 216 p. (In Russian)
3. Dovjikov A.E., Bui Phu My, E.D. Vashilevshkaya. Geology of North Vietnam. *Science and Technology*. 1965, 668 c. (In Vietnam).
4. Nguyen D.H. Geologicheskaya struktura i harakteristiki svincovo-cinkovogo mestorozhdeniya Chodon — Severnogo Vietnama [Geological structure and characteristics of the lead - zinc deposit Chodon- North Vietnam]. *XIII Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferenciya «Novye idei v naukah o Zemle»* [XIII international conference «New ideas in Earth sciences»], 2017, pp. 284–285. (In Russian).
5. Nguyen D.H., Ignatov P.A., Nguyen T.Th. Mineralogicheskie harakteristiki svincovo — cinkovykh mestorozhdeniya rajona Chodon, severnogo Vietnama [Mineralogical characteristics of the lead-zinc deposits of the Chodon district, northern Vietnam]. *Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferenciya «Strategiya razvitiya geologicheskogo issledovaniya neдр: Nastoyashchee i Budushchee»*. [International Scientific and Practical Conference «Strategy of development of geological research neдр: Present and future»], 2018, pp. 337–338. (In Russian).
6. Nguyen Khac Vinh. Radioactivite age and biochemical characterization of the complex granites Phia Bioc on the basis of geochemical and lead isotopes. *Journal Geology*, 1982, no 154. (In Vietnam).
7. Nguyen Trung Thanh, Nguyen Khac Giang, Vu Le Tu. Ore characteristics and genesis of lead-zinc ores at the Na-Tum deposit, Cho Don, Bac Kan. *Journal of Natural resources and Environment*, 2014, no 4, pp. 82–88. (in Vietnam).
8. Tran Trong Hoa. *Vnutriplitnyy magmatizm Severnogo V'etnama i eyo metallogeniya. Diss. Dokt. geol.-min. nauk.* [In-plate magmatism of North Vietnam and its metallogeny. Dr. geo. and min. diss.], Novosibirsk, 2007, 200 p. (In Russian).
9. Tran Trong Hoa, A.E. Izokh, G.V. Polyakov, A.S. Borisenko, Ngo Thi Phuong, P.A. Balykin, Tran Tuan Anh, S.N. Rudnev, Vu Van Van, Bui An Nien, 2008: Permi-Triassic magmatism and metallogeny of North Vietnam in relation to Emeishan's Plume. *Russian, Geology and Geophysics*, T. 49, no 7, pp. 480–491. (In Russian).
10. Tran Tuan Anh, I.V. Gaskov, Tran Trong Hoa, P.A. Nevolkо, Pham Thi Dung, Pham Ngoc Can. Complex deposits in the Lo Gam structure, northeastern Vietnam: mineralogy, geochemistry, and formation conditions. *Russian Geology and Geophysics*, 2012, T. 53, no 7, pp. 623–635. (In Russian).
11. Tran Van Duong. *Geologicheskoe stroenie i usloviya formirovaniya polimetallicheskikh rudnykh polej Severo-Vostochnogo Vietnama.* Diss. Dokt. geol.-min. nauk. [Geological structure and conditions for the formation of polymetallic ore fields in Northeast Vietnam. Dr. geo. and min. diss.], Baku, 1990, 37 p. (In Russian).

УДК 552.323.6:303.2(571.56-15)

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ И ВЕЩЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ КИМБЕРЛИТОВОГО ТЕЛА ЯНВАРСКОЕ (ДАЛДЫНО-АЛАКИТСКИЙ АЛМАЗОНОСНЫЙ РАЙОН)

Д.В. ИВАНОВ, А.В. ТОЛСТОВ, В.В. ИВАНОВ

Акционерная компания АЛРОСА (ПАО)

6, Ленина ул., г. Мирный 678175, Республика Саха (Якутия), Россия

e-mail: ivanovdv@alrosa.ru, tolstovav@alrosa.ru

Комплексом геолого-геофизических методов в Алаakit-Мархинском кимберлитовом поле открыто новое кимберлитовое тело — Январское. Для его оконтуривания и изучения пройдено три профиля скважин: один по длинной оси и два — вкрест его простирания по сети 40×40 м. В скважинах проведены геофизические исследования, а также опробовательские работы, в том числе по скважинам, вскрывшим кимберлит отобрано девять керновых проб суммарным весом 1120 кг. Установлено, что в плане кимберлитовое тело Январское имеет дайкообразную форму с ориентировкой длинной оси в северо-восточном направлении (50—55°) с размерами под перекрывающими породами — 90×45 м, площадью 2836 м², что позволяет отнести его к классу мелких тел. Тело сложено порфировыми кимберлитами (ПК) зеленовато-серой и желтовато-бурой окраски, сильно измененными, рассеченными многочисленными разноориентированными трещинами, заполненными кальцитом. По результатам кернового опробования обнаружен алмаз класса -2+1 мм весом 2,1 мг (0,01 кар.).

Ключевые слова: Алаakit-Мархинское поле; кимберлит; скважина; керновое опробование; алмаз.

DOI:10.32454/0016-7762-2018-5-39-43

GEOLOGICAL STRUCTURE AND MATERIAL COMPOSITION OF THE KIMBERLITE BODY «YANVARSKOE» (DALDYN-ALAKIT DIAMOND-BEARING DISTRICT)

D.V. IVANOV, A.V. TOLSTOV, V.V. IVANOV

«ALROSA JSC» (Public Company), Mirny Office,

6, Lenina ul., Mirny 678174, Russia Republic of Sakha (Yakutia),

e-mail: ivanovdv@alrosa.ru, tolstovav@alrosa.ru

The new kimberlite pipe «Yanvarskaya» has been discovered in the Alakit-Markha field by a complex of geological and geophysical methods. For its delineation and the study three profile of wells were covered: one profile is along the long axis and two are in the cross stretch at the network 40×40 m. In wells geophysical researches, and also testing works, were carried out, including the selection of the nine core samples with a total weight of 1120 kg, at the wells which had opened kimberlite. Yanvarskoe kimberlite body has a dike-like form with the orientation of the long axis in a North-East direction (50—55°) with sizes under overlying rocks 90×45 m, with an area of 2836 m², which allows reference of this body to the class of small bodies. The body is composed of porphyry kimberlites of greenish-gray and yellowish-brown colors, strongly altered, dissected by numerous differently oriented cracks filled with calcite. Based on the results of core testing, a diamond of class -2+1 mm weighing of 2.1 mg (0,01 car.) was found.

Key words: Alakit-Markha field; kimberlite; well; core testing; diamond.

При проведении поисковых работ в Алаakit-Мархинском кимберлитовом поле Западно-Якутской алмазоносной провинции на участке Перевальный-север в 2016 г. под долеритовой интрузией в зоне Комсомольского кимберлитомещающего разлома было вскрыто новое кимберлитовое тело Январское. Ранее здесь были вскрыты кимберлитовые трубки Комсомольская, Структурная, Чукукская, жилы Сомнительная, Кексовая и другие, первая из которых является коренным месторождением алмазов.

Кимберлитовое тело Январское открыто на площади 5-го геотипа по условиям поисков [4]: интрузивные породы трапповой формации залегают непосредственно на карбонатном цоколе, а терригенные коллекторы карбона — перми были полностью уничтожены, внедрившейся в пермо-триасовое время долеритовой интрузией [2, 13]. Поэтому шлихоминералогическая и палеогеографическая обстановки, существовавшие на момент внедрения кимберлитовых тел (D₃—C₁), на сегодняшний день не ясны. Поиски новых кимберлитовых тел

вых тел на этой и подобных ей территориях представляют собой сложную задачу [10, 12]. Обнаружение нового кимберлитового объекта представляет несомненный поисковый интерес, а его геолого-геофизические характеристики отражены в представленном материале.

При поисках кимберлитового тела применялся традиционный комплекс исследований, включающий бурение поисковых скважин в сочетании с их геофизическими исследованиями (ГИС), а также шлиховым, шламовым и литохимическим опробованием [5, 7, 12]. Для оконтуривания и изучения кимберлитового тела пройдено три профиля скважин: один по длинной оси и два — вкрест его простирания по сети 40×40 м. Всего было пробурено семь вертикальных скважин общим объемом 1118,5 погонных метра, две из них (5071Л/4 и 03) вскрыли кимберлитовое тело, пять скважин законтурные. Скважиной 01 в интервале глубин 96,0—96,6 м вскрыта кимберлитовая жила. Комплекс ГИС выполнен во всех скважинах. Отобрано девять керновых проб суммарным весом 1120 кг. Кимберлитовое тело вскрыто двумя скважинами, поэтому судить о его размерах сложно. Для оценки параметров тела использовался принцип интерполяции, границы тела проведены посередине расстояния между скважинами, вскрывшими его и законтурными скважинами, вскрывшими вмещающие породы. Таким образом, в плане кимберлитовое тело Январское имеет овально-вытянутую форму дайки с ориентировкой длинной оси в северо-восточном направлении (50—55°) с размерами под перекрывающими породами — 90×45 м, площадью 2836 м², что позволяет отнести его к классу мелких тел [6, 10, 14].

Геологическое строение

В продольной проекции кимберлитовое тело Январское неправильной формы, с чашеобразным расширением в юго-западной и северо-восточной частях. Изучено на глубину 67,2 м от поверхности. Кимберлитовое тело Январское полностью перекрыто долеритовой интрузией мощностью от 81,0 м до 88,6 м. Долериты представлены серыми, мелко-тонкокристаллическими, массивными разностями. Терригенно-осадочные породы скважинами не вскрыты. Вмещающие породы, вскрытые скважинами, представлены карбонатными породами нижнего ордовика. Наиболее древними являются серые, зеленовато- и желтовато-серые тонкозернистые, слоистые доломиты олдондинской свиты. Вскрытая мощность свиты 40—65 м. Выше по разрезу залегают серые разных оттенков, тонкоскрытозернистые, слоистые доломиты сохолохской свиты. Вскрытая мощность свиты колеблется от 5 до 45 м. На контакте с долеритовой интрузией карбонатные породы скарнированы (несколько сантиметров), что отражено в их зеленой окраске. Вбли-

зи контакта с кимберлитовым телом вмещающие породы трещиноватые, брекчированные и закарстованные, а также изменены гидротермальными процессами, что выражается в кальцитизации и лимонитизации. В скважине 01 вблизи контакта с кимберлитовым телом в карбонатных породах отмечается кимберлитовая жила мощностью 0,6 м.

Вещественный состав кимберлитовых пород

Тело сложено порфировыми кимберлитами (ПК) зеленовато-серой и желтовато-бурой окрасок, сильно измененными, рассеченными многочисленными разноориентированными трещинами, заполненными кальцитом. Структура породы порфировая, текстура массивная. В верхних горизонтах кимберлиты интенсивно выветрелые, карбонатизированные и лимонитизированные, вплоть до

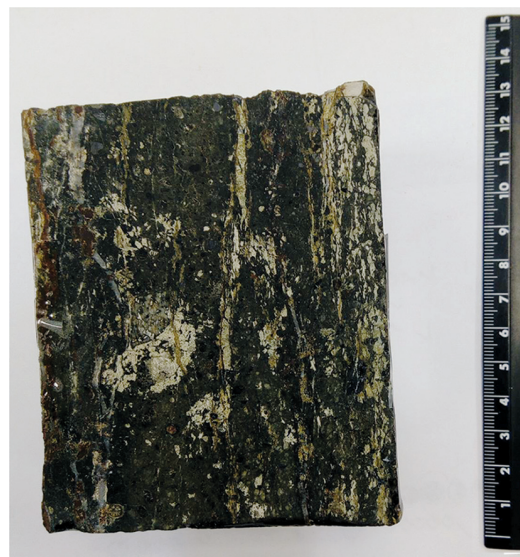


Рис. 1. Порфировый кимберлит. Сква. № 5071Л/4, глубина 139,0 м

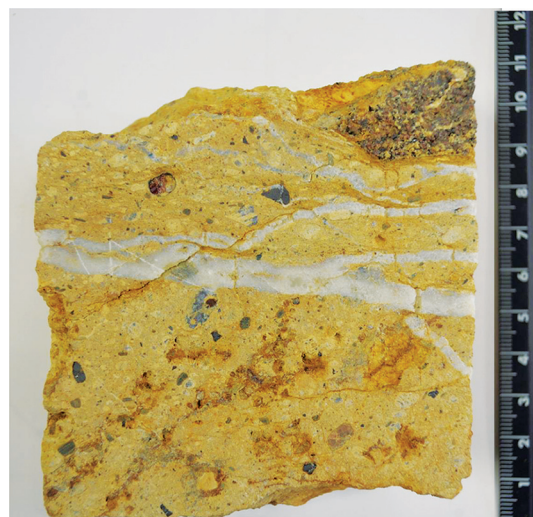


Рис. 2. Порфировый кимберлит. Сква. 03, гл. 146,2 м

полной утраты первичных структур и текстур. С глубиной породы более плотные и монолитные. На отдельных участках отмечены зоны интенсивной трещиноватости и дробления, по которым фиксируются разнонаправленные прожилки кальцита, содержание которых иногда может достигать 10% объёма породы.

По данным ГИС кимберлитовые породы обладают естественной радиоактивностью в пределах 2,5–14,0 мкР/ч, содержание тория изменяется от 3,5 до $12,0 \times 10^{-4}$ %, урана — от 1,5 до $5,0 \times 10^{-4}$ %, калия — от 0,1 до 1,9 %, магнитная восприимчивость колеблется от 20 до 950×10^{-5} ед. СИ, удельная электрическая проводимость — от 4 до 18 мСм/м. Кимберлиты, по данным ГИС, слабомагнитные (от 20 до 100×10^{-5} ед. СИ), с высоким содержанием ксеногенного материала. Физические свойства кимберлитовых пород представлены в таблице.

Физические свойства кимберлитов тела Январское					
γ , мкР/ч	ρ , мСм/м	μ , $n \times 10^{-5}$ ед. СИ	Содержание радиоактивных элементов		
			Th , $n \times 10^{-4}$ %	$U(Ra)$, $n \times 10^{-4}$ %	K, %
2,5–14,0	4,0–18,0	20,0–950,0	3,5–12,0	1,5–5,0	0,1–1,9

По данным петрофизических исследований магнитная восприимчивость кимберлитовых пород варьирует от 2 до 60×10^{-6} ед. СГС, изредка повышаясь до 300×10^{-6} ед. СГС, что может быть обусловлено неравномерным распределением в породе ксеногенного материала, в том числе магнетита. Также колеблются и величины естественной остаточной намагниченности и фактора Q , зависящие от содержания ферромагнитных минералов. Плотность кимберлита весьма неоднородная и колеблется от 2,05 до 2,63 г/см³. Разуплотнение отмечается в трещиноватых породах, а также в породах, претерпевших вторичные преобразования (выщелачивание). Повышенные значения плотности отмечались у пород, претерпевших карбонатизацию.

Содержание ксеногенного материала в кимберлитах варьирует от 3–5 до 15–20% объёма породы. Формы обломков угловатые, угловато-округлые, размеры варьируют в пределах 0,5–5 см. Представлены обломки в основном породами карбонатного цоколя — доломитами, известняками, мергелями и изредка (1–2%), породами кристаллического фундамента (кристаллические сланцы, гнейсы).

Вкрапленники представлены псевдоморфозами по оливины (0,2–3 мм, единичные 2–4 мм), пластинами хлоритизированного флогопита (0,8–2,8 мм, ≈ 2 –3%), округлыми и овальными зёрнами шиповидного пикроильменита в «рубашке» размером (0,2–2,4 мм, $\approx 0,5$ –1%), трещиноватым гранатом (до 1 мм) в широкой жёлто-бурой келифитовой оболочке (единичные знаки) с сохранившимися

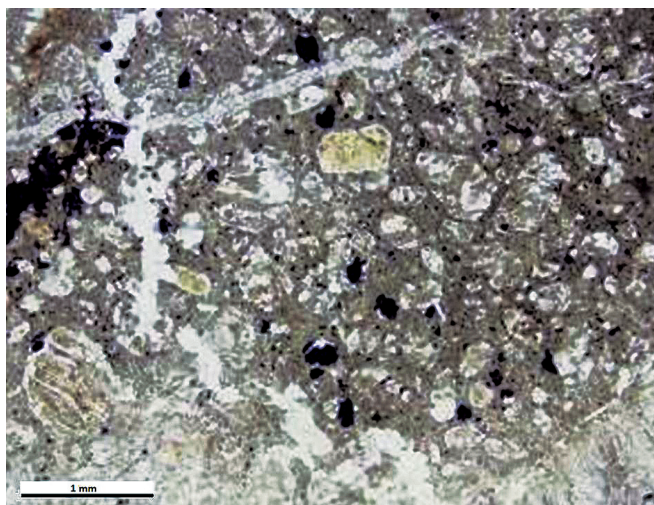


Рис. 3. Порфировый кимберлит (шлиф, без анализатора). Сква. 5071Л/4. Обр. 4, глубина 125,0 м

кристаллографическими гранями, отмечаются также микрозёрна разложенного рудного минерала (магнетит?). Псевдоморфозы по оливины выполнены преимущественно кальцитом с подчиненным количеством серпентина, монтмориллонита и/или кварца, нередко имеют тонкую рудную каёмку.

Основная масса сложена хлорит-кальцитовым тонкозернистым агрегатом, разномасштабным вторичным кальцитом, на небольших участках сохранился первичный тонкозернистый кальцит. В основной массе отмечаются редкие чешуйки и таблички флогопита (1–2%), в том числе хлоритизированного (0,02–0,2 мм), а также микрозёрна магнетита и гематита (2–3%). В качестве аксессуарной примеси установлен апатит. Многочисленные прожилки в породе выполнены вторичным кальцитом, реже — кварцем. По трещинам развит магнетит, часто разложенный до гематита. По данным изучения протоочных проб в порфировых кимберлитах из МСА в весовых количествах зафиксированы пикроильменит, пироп и флогопит [4].

Пикроильменит преобладает, составляя 78% от общего количества минералов-спутников алмаза (МСА), представлен классами крупности (-2+1 мм, -1+0,5 мм, -0,5 мм). Содержание пикроильменита в пробах варьирует в широких пределах — от единичных зёрен до 31,82 кг/т (сква. 5071Л/4, проба 6) и в среднем составляет 11,11 кг/т. Представлен угловатыми, угловато-округлыми, изредка округлыми зёрнами 0-I класса сохранности [1, 4, 8]. Поверхности зёрен шероховатые, реже матированные, бугорчатые. На отдельных зёрнах видны следы тонкой первичной коррозии. Примазки представлены изменённым глинисто-карбонатным материалом коричневого цвета и часто содержат серовато-зелёные и голубовато-зелёные включения серпентина. На отдельных зёрнах фиксируются мелкие чешуйки флогопита.

Пироп представлен зёрнами всех классов крупности. Его среднее содержание составляет 1,46 кг/т (10,5% всех МСА), варьируя в пределах от единичных зерен до 5,06 кг/т (скв. 5071Л/4, проба 6). Пироп представлен угловатыми, реже округло-угловатыми и округлыми зёрнами 0-I класса сохранности [4, 8, 9], а также обломками и осколками. Первичные поверхности матированные, реже тонкошероховатые. На зёрнах часто отмечается тонкое растворение, шелковистый блеск. Примазки представлены карбонатным и карбонат-серпофитовым материалом, серпофитом серовато-голубого и серовато-зелёного цветов. На отдельных зернах пироба отмечаются келифитовые каймы и флогопит в виде тонких чешуек, а также включения рудного минерала. Преобладают фиолетовые (91%), красные (5%), оранжевые (3%) и розовые (1%) пиропы.

Флогопит (от редких зёрен до нескольких процентов) представлен зёрнами всех классов крупности, но в наибольшей степени — классом -2+1 мм, среднее содержание 0,64 кг/т (11,5% всех МСА), а максимальное — 13,5 кг/т (скв. 5071Л/4 пр.8). Цвет золотисто-жёлтый, зеленовато-коричневый. Форма зёрен бочонковидная, чешуйчатая [4].

Хромит встречен в виде редких зёрен всех классов крупности. Форма зёрен, в основном, октаэдрическая. Контуры зёрен резкие, местами вершины сглажены за счёт растворения. Поверхности (границы) зеркально-гладкие, отдельные с незначительными неровностями, большая часть — матированные со следами первичного (эндогенного) растворения. На единичных зёрнах присутствуют комбинированные гипергенные поверхности.

Хромдиопсид представлен единичными зёрнами различной размерности. Форма зёрен угловатая, округло-угловатая, реже округлая. Цвет изумрудно-зелёный (от светлого до тёмно-зелёного). Примазки представлены изменённым карбонат-серпофитовым материалом серовато-зелёного цвета. В корках на единичных зёрнах отмечаются включения тёмного рудного минерала (магнетит?).

Оливин встречается в виде единичных зёрен класса -0,5 мм. Форма зёрен угловатая, округло-угловатая. Цвет бледно-жёлтый с зеленоватым оттенком. Зёрна прозрачные и полупрозрачные. Примазки представлены карбонат-серпофитовым материалом коричневого цвета.

Из других минералов в тяжёлой фракции в весовых количествах отмечен лимонит (3,58 кг/т), магнетит (0,12 кг/т), сидерит (0,36 кг/т), алмаз (0,27 кг/т), пироксен (0,04 кг/т), гроссуляр (0,04 кг/т), в единичных зернах встречается ильменит, лейкоксен, эпидот, турмалин, циркон, анатаз, рутил, сфен, сфалерит, дистен, апатит, шпинель, пирит, барит, перовскит, муассанит, ставролит. В лёгкой фракции присутствуют обломки кимберлитов и карбонатных пород, а также серпофита [4].

Алмазоносность кимберлитов

По результатам кернового опробования среднее содержание алмазов в кимберлитовых породах составило 0,01 кар/т. Обнаружен алмаз класса -2+1 мм весом 2,1 мг (0,01 кар.), имеющий переходную форму, бесцветный, полупрозрачный, с протоматическим сколом и скульптурами травления в виде шрамов и треугольных впадин. Содержит включение графита и сульфидов и относится к I разновидности, по классификации Ю.Л. Орлова [11]. Цвет люминесценции сиреневый.

Заключение

Обнаружение нового кимберлитового тела в насыщенной кимберлитовыми объектами зоне известного разлома представляет несомненный интерес и доказывает правильность выбранной методики поисков. Поскольку для восточной части Алакит-Мархинского поля, где локализовано новое кимберлитовое тело, весьма характерна вытянутая дайкообразная форма кимберлитовых тел (трубки Айхал, Комсомольская, Структурная, Снежинка и др.), обнаружение новых кимберлитовых объектов даже на сравнительно хорошо изученных площадях с высокой плотностью поисковой сети несомненно возможно, что и подтверждается новым открытием. Открытие нового кимберлитового тела дайкообразной формы свидетельствует о сохраняющихся высоких перспективах кимберлитового поля в плане обнаружения новых источников алмазного сырья, так как ряд существующих и перерасчитанных выше дайкообразных тел (трубки Айхал, Комсомольская) являются коренными месторождениями алмазов повышенной и высокой алмазоносности [3, 8, 9, 15].

ЛИТЕРАТУРА

1. Афанасьев В.П., Николенко Е.И., Тычков Н.С., Титов А.Т., Толстов А.В., Корнилова В.П., Соболев Н.В. Механический износ индикаторных минералов кимберлитов: экспериментальные исследования // Геология и геофизика. 2008. Т. 49. № 2. С. 120–127.
2. Белов С.В., Лапин А.В., Толстов А.В., Фролов А.А. Минералогия платформенного магматизма (траппы, карбонаты, кимберлиты) М.: ИМГРЭ. 2008. 537 с.
3. Василенко В.Б., Толстов А.В., Кузнецова Л.Г., Минин В.А. Петрохимические критерии оценки алмазонос-

- ности кимберлитовых месторождений Якутии // Геохимия. 2010. № 4. С. 366–376.
4. Иванов Д.В., Иванов В.В., Толстов А.В. Особенности индикаторных минералов кимберлитов новой трубки Январская (Западная Якутия) // Известия вузов. Геология и разведка. 2017. № 5. С. 20–26.
 5. Игнатов П.А., Бушков К.Ю., Штейн Я.И., Толстов А.В., Яныгин Ю.Т. Геологические и минералогическо-геохимические признаки структур, контролирующих алмазонасыщенные кимберлиты Накынского поля Якутии // Руды и металлы. 2006. № 4. С. 59–67.
 6. Инструкция по применению классификации запасов к коренным месторождениям алмазов. М.: ГКЗ СССР, 1984. 22 с.
 7. Кременецкий А.А., Карась С.А., Толстов А.В. Геохимические поиски кимберлитовых трубок на закрытых территориях: проблемы и решения // Региональная геология и металлогения. 2006. № 27. С. 126–139.
 8. Мальцев М.В., Толстов А.В., Фомин В.М., Старкова Т.С. Новое кимберлитовое поле в Якутии и типоморфные особенности его минералов-индикаторов // Вестник ВГУ. Серия: Геология. 2016. № 3. С. 86–94.
 9. Мальцев М.В., Толстов А.В., Старкова Т.С., Иванов А.С. Особенности вещественного состава кимберлитов Сюльдюкарского поля (Западная Якутия) // Наука и образование. 2017. № 4. С. 37–43.
 10. Методические указания по поискам коренных месторождений алмазов на Сибирской платформе (Якутская алмазонасыщенная провинция). Л., 1989. 64 с.
 11. Орлов Ю.Л. Минералогия алмаза. М.: Наука, 1973. 170 с.
 12. Симоненко В.И., Толстов А.В., Васильева В.И. Новый подход к геохимическим поискам кимберлитов на закрытых территориях // Разведка и охрана недр. 2008. № 4, 5. С. 108–112.
 13. Толстов А.В. Главные рудные формации Севера Сибирской платформы. М.: ИМГРЭ, 2006. 212 с.
 14. Толстов А.В., Минин В.А., Василенко В.Б., Кузнецова Л.Б., Разумов А.Н. Новое тело высокоалмазонасыщенных кимберлитов в Накынском поле Якутской алмазонасыщенной провинции // Геология и геофизика. 2009. Т. 50. № 3. С. 227–240.
 15. Agashev A.M., Pokhilenko N.P., Tolstov A.V., Orihashi Y., Nakai S., Serov I.V. Age of Mirny field kimberlites (Siberia) and application of rutile and titanite for U-Pb dating of kimberlite emplacement by LA-ICP-MS // Geochemical Journal, 2016, T. 50, no. 5, pp. 431–438.

REFERENCES

1. Afanasiev V.P., Nikolenko E.I., Tychkov N.S., Titov A.T., Tolstov A.V., Kornilova V.P., Sobolev N.V. Mechanical wear of kimberlite indicator minerals: experimental studies. *Geologiya i geofizika* [Geology and Geophysics], 2008. T. 49, no. 2, pp. 120–127. (In Russian).
2. Belov S.V., Iapin A.V., Tolstov A.V., Frolov A.A. *Minerageny of platform magmatism (traps, carbonatites, kimberlites)*. M., IMGRE Publ., 2008, 537 p. (In Russian).
3. Vasilenko V.B., Tolstov A.V., Kuznecova L.G., Minin V.A. Petrochemical criteria for evaluation of diamond content of kimberlite deposits in Yakutia. *Geohimiya — Geochemistry*, 2010, no. 4, pp. 366–376. (In Russian).
4. Ivanov D.V., Ivanov V.V., Tolstov A.V. Features of indicator minerals of kimberlites of the new January tube (Western Yakutia). *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Geologiya i razvedka — [Proceedings of higher educational establishments. Geology and Exploration]*, 2017, no. 5, pp. 20–26. (In Russian).
5. Ignatov P.A., Bushkov K.Y., Shtejn Y.I., Tolstov A.V., Yanygin Y.T. Geological and mineralogical-geochemical features of structures controlling diamond-bearing kimberlites of the Nakyn field of Yakutia. *Rudy i metally — Ores and metals*, 2006, no. 4, pp. 59–67. (In Russian).
6. *Instrukciya po primeneniyu klassifikatsii zapasov k korennyim mestorozhdeniyam al-mazov* [Instructions for the application of reserves classification to indigenous diamond deposits]. M., GKZ, SSSR Publ., 1984, 22 p. (In Russian).
7. Kremenetskiy A.A., Karas S.A., Tolstov A.V. Geochemical search of kimberlite pipes in closed areas: problems and solutions. *Regionalnaya geologiya i metallogeniya — Regional Geology and metallogeny*, 2006, no. 27, pp. 126–139. (In Russian).
8. Maltsev M.V., Tolstov A.V., Fomin V.M., Starkova T.S. New kimberlite field in Yakutia and typomorphic peculiarities of minerals-indicators. *Vestnik VGU. Seriya: geologiya — Bulletin of VSU. Series: Geology*, 2016, no. 3, pp. 86–94. (In Russian).
9. Maltsev M.V., Tolstov A.V., Starkova T.S., Ivanov A.S. Features of the kimberlite material composition in Syuldyukarskue kimberlite field (Western Yakutia). *Nauka i obrazovanie — Science and education*, 2017, no. 4, pp. 37–43. (In Russian).
10. *Metodicheskie ukazaniya po poiskam korennykh mestorozhdeniy almazov na sibirskoy platforme (Yakutskaya almazonnaya provintsiya)* [Guidelines for the search for indigenous diamond deposits on the Siberian platform (Yakut diamond-bearing province)]. Leningrad, 1989, 64 p. (In Russian).
11. Orlov U. L. *Mineralogiya almaza* [Mineralogy of diamond]. M., Nauka Publ., 1973, 170 p. (In Russian).
12. Simonenko V.I., Tolstov A.V., Vasileva V.I. New approach to geochemical prospecting of kimberlites in closed areas. *Razvedka i ohrana nedr — exploration and protection of mineral resources*, 2008, no. 4, 5, pp. 108–112. (In Russian).
13. Tolstov A.V., Minin V.A., Vasilenko V.B., Kuznecova L.B., Razumov A.N. New body of high-diamond kimberlites in the Nakyn field of the Yakut diamondiferous province. *Geologiya i geofizika — Geology and Geophysics*, 2009, T. 50, no. 3, pp. 227–240. (In Russian).
14. Tolstov A.V. *The main ore formations of the Northern Siberian platform*. M., IMGRE Publ., 2006, 212 p. (In Russian).
15. Agashev A.M., Pokhilenko N.P., Tolstov A.V., Orihashi Y., Nakai S., Serov I.V. Age of Mirny field kimberlites (Siberia) and application of rutile and titanite for U-Pb dating of kimberlite emplacement by LA-ICP-MS. *Geochemical Journal*, 2016, T. 50, no. 5, pp. 431–438.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА МНОГОМЕРНОЙ КЛАССИФИКАЦИИ ПО ЭТАЛОННЫМ ТОЧКАМ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СТЕПЕНИ САМОВОЗГОРАЕМОСТИ БУРЫХ УГЛЕЙ УГОЛЬНОГО ПЛАСТА «МОЩНЫЙ» ТАЙНИНСКОГО УЧАСТКА КАНСКО-АЧИНСКОГО БАСЕЙНА

Ф.А. ГОЛЫНСКАЯ¹, Р.А. НИКОНОВ²

¹Национальный исследовательский технический университет «МИСиС»
6, Ленинский проспект, г. Москва 119049, Россия
e-mail: golynskaya@yandex.ru

²Институт проблем нефти и газа РАН
3, Губкина ул., г. Москва 119333, Россия
e-mail: nikonovroman@gmail.com

Представлены результаты исследований самовозгорания углей и прогноза Тайнинского участка Канско-Ачинского бассейна. С этой целью была применена новая оригинальная методика, в основе которой лежит ранговая модель данных и идея, состоящая в классификации этих данных по «близости» к эталонным группам наблюдений. В результате изучения геологического строения исследуемого пласта, физико-химических исследований и анализа статистических данных о самовозгорании углей установлены геологические факторы самовозгорания углей и граничные значения их параметров разной степени опасности самовозгорания. Переход от исходных данных угольного пласта к ранговой шкале осуществлялся с использованием нормативов (граничных значений) уровней опасности самовозгорания углей. Полученные данные были использованы при построении карты прогноза самовозгорания углей пласта «Мощный» с помощью программы ArcMap 10.2 из семейства геоинформационных программ ArcGIS.

Ключевые слова: самовозгорание углей; геологические факторы; пласт «Мощный»; ранговая модель; эталонные группы; нормативы; степень опасности самовозгорания; карта прогноза самовозгорания углей; ArcGIS.

DOI:10.32454/0016-7762-2018-5-44-48

METHODOLOGY OF MULTI-DIMENSIONAL CLASSIFICATION ACCORDING TO THE REFERENCE POINTS FOR THE DETERMINATION OF THE DEGREE OF COAL SPONTANEOUS COMBUSTION AT THE TAININ SECTION OF KANSK DEPOSIT OF KANSKOY BASIN

F.A. GOLYNSKAYA¹, R.A. NIKONOV²

¹National University of Science and Technology «MISIS»
6, Leninsky Prospekt, Moscow 119049, Russia
e-mail: golynskaya@yandex.ru

²Oil and Gas Research Institute RAS
3, Gubkin street, Moscow 119333, Russia
e-mail: nikonovroman@gmail.com

The paper presents the results of studies of coal spontaneous combustion and forecast of Tainin section of Kansk Deposit of Kansk-Achinsky basin. To this end, a new original methodology has been applied, based on the rank data model and the idea of classifying these data by «proximity» to reference groups of observations. As a result of studying of a geological structure of the investigated layer, physical and chemical researches and the analysis of statistical data on self-ignition of coals, the geological factors of self-ignition of coals and boundary values of their parameters of different degree of danger of self-ignition have been established. Transition from the initial data of a coal bed to a rank scale has been carried out with the use of standards (boundary values) of levels of danger of spontaneous combustion of coals. The obtained data were used in the construction of the self-ignition prediction map of coal bed «Powerful» (Moschnyi) using the program ArcMap 10.2 from the family of geographic information programs ArcGIS.

Keywords: spontaneous combustion of coals; geological factors; the formation of a «Powerful» bed; the rank of the model; the reference group; the standards; the degree of danger of spontaneous self-combustion; map of forecast of spontaneous combustion of coal; ArcGIS.

Задача проводимых авторами исследований — составить прогноз самовозгорания углей исследуемых месторождений, используя данные об угольном месторождении, полученные на стадии геолого-разведочных работ. Предварительный анализ собранных данных о месторождениях угольных бассейнов и угленосных площадях был произведен с помощью статистического пакета STATISTICA 6.1. Результатом анализа статистических данных стала разработанная новая оригинальная методика, в основе которой лежат *ранговая модель* данных и идея, состоящая в классификации этих данных по «близости» к *эталонным группам наблюдений* [4, 5].

Изучение геологического строения, физико-химические исследования углей и анализ статистических данных об эндогенных пожарах угольных месторождений Канско-Ачинского бассейна [2] позволило установить геологические факторы самовозгорания углей, ранжировать их по степени опасности возникновения самовозгорания и определить граничные значения параметров (табл. 1).

Участок Тайнинский расположен в пределах Канского месторождения Канско-Ачинского бассейна и приурочен к юрским угленосным отложениям Тайнинской мульды. Преимущество канско-ачинских углей состоит в значительных запасах разведанных площадей, возможности добычи угля открытым способом, в их низкой зольности (8–12 %) и низкой сернистости (0,3–0,6 %). Осложняющими факторами являются высокая влажность углей (до 33 %) и *склонность к самовозгоранию*. Угольные пласты имеют выдержанную мощность, но сложное строение. Данные объекта исследований пласта «Мощный», характеризующие геологическое строение и качество углей, приведены в табл. 2 [3].

Анализ данных геологоразведки (параметров угольного пласта и качества углей) исследуемого пласта позволил установить факторы, оказывающие наибольшее влияние на самовозгорание тайнинских углей. По данным исследования очагов самовозгорания в них отмечалась повышенная мощность угольного пласта, близкое расположение угольного пласта к поверхности, интенсивная тектоническая нарушенность, повышенное содержание микрокомпонентов группы инертинита. По другим параметрам (строение угольного пласта, влажность, содержание общей серы и др.) исследуемые угли относятся к среднему и низкому уровню опасности.

Исследования пласта «Мощный» показали, что лишь в одной скважине, угли которой отнесены к опасным по самовозгоранию, мощность пласта 3,0 м (скв. 795), в остальных превышает 7 м, в основном составляет 17–18 м (скв. 708, 711, 774 и др.). Параметры глубины залегания пласта «Мощный» в опасных по самовозгоранию скважинах в целом коррелируются с параметрами средних значений

Таблица 1

Геологические факторы самовозгорания бурых углей пласта «Мощного» Канско-Ачинского бассейна

Уровень опасности самовозгорания углей	Мощность, м	Глубина залегания, м	Строение (число угольных пачек)	Угол наклона, град	Степень тектонической нарушенности, км/км ²	Карстовая нарушенность, d_f	Влажность, W_h , %	Зольность, A_d , %	Метанодность, м ³ /т	Сернистость, S_f , %	Выход летучих веществ V_{lat} , %	Содержание микрокомпонентов группы фюзинита, F , %	
												витринита, V_t , %	фюзинита, F_f , %
Низкий	<3,0	>40,0	0	—	<2	—	<5,0	>20,0	—	<1,5	>30,0	>70,0	<5,0
Средний	3,0–15,0	20,0–40,0	1–2	—	2–4	—	10,0–20,0	10,0–20,0	—	1,5–2,5	8,0–30,0	50,0–70,0	5,0–15,0
Высокий	>15,0	<20,0	Более 3	—	>4	—	5,0–10,0	<10,0	—	>2,5	<8,0	<50,0	>15,0

Таблица 2

Параметры угольных пластов и качества углей пластв Мощный Тайнинского участка Канско-Ачинского бассейна

Разрез	Наименование пласта	Мощность угольного пласта, м	Глубина залегания угольного пласта, м	Строение угольного пласта (число угольных пачек)	Вмещающие породы (породы кровли)	Угол наклона, град.	Тектоническая нарушенность*, км/км ²	Показатель карстонарушенности, d_f^{**}	Влажность, W_h , %	Зольность, A_d , %	Сера общая, S_t , %	Выход летучих веществ, V_{lat} , %	Микрокомпоненты	
													группы витринита, V_t , %	группы инертинита, I , %
Тайнинский участок	Мощный	2,2–20,0 14,0	3,8–46,8 22,9	2–4	Песчано-алевроитовые породы, аргиллиты	—	0,0–8,9 0,70	—	31,3–37,7 32,7	5,2–11,8 8,1	0,2–0,9 0,5	44,1–46,1 45,1	85–99 95–96	0,0–14,0 4,0

Примечания. *Тектоническая нарушенность оценивалась определением степени тектонической нарушенности — отношения суммарной длины (протяженности) тектонических нарушений к общей площади месторождения или шахтного поля, измеряемого в км/км². **Карстонарушенность оценивалась определением показателя *карстонарушенности* d_f — отношения суммарной площади карстонарушенных участков к общей площади месторождения или шахтного поля (Ю.А. Севостьянов, 1970). ***над чертой — максимальное и минимальное, под чертой — среднее значения.

Таблица 3

Таблица рангов самовозгорания углей угольного пласта «Мощного» Тайнинского участка Канского месторождения (КАТЭК)

Веса	6	5	4	6	6	6	6	4	5	6	5	4	5	Уровень опасности самовозгорания углей
высокий	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	15
средний	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	25
низкий	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
нижняя граница	2	20	2	20	2	2	0,01	25	5	1,5	8	50	15	15
верхняя граница	3	60	3	30	4	4	0,03	35	8	2,5	30	70	25	25
Номер скважины	Мощность, м	Глубина залегания угольного пласта, м	Строение (количество угольных пачек)	Угол наклона, град	Тектоническая нарушенность*, км/км ²	Карстовая нарушенность, d_f^{**}	Влажность, W_h , %	Зольность, A_d , %	Метан, CH_4 , %	Сера, S_t^d , %	Выход летучих веществ, V_{lat} , %	Витринит, V_t , %	Инертинит, I , %	Уровень опасности самовозгорания углей
757	20,0	31,0	3	0,0	7,5	0,0	6,0	7,9	0,0	0,8	47,1	95	3	Высокий
758	12,6	25,4	1	0,0	8,9	0,0	8,0	9,0	0,0	0,4	46,5	81	11	Высокий
759	13,3	18,6	1	0,0	6,4	0,0	5,0	7,7	0,0	0,8	46,3	88	7	Высокий
764	8,0	15,4	0	0,0	8,6	0,0	5,3	10,5	0,0	0,4	44,3	88	7	Высокий
766	18,4	23,8	2	0,0	0,0	0,0	13,4	6,7	0,0	0,3	44,0	92	3	Средний
767	18,2	24,8	2	0,0	0,0	0,0	13,1	6,8	0,0	0,7	46,1	95	5	Средний
772	16,2	31,4	1	0,0	0,0	0,0	13,2	7,1	0,0	1,0	46,0	92	6	Средний
773	16,4	25,4	1	0,0	0,0	0,0	8,0	8,7	0,0	0,3	45,4	84	9	Средний
774	17,4	17,6	1	0,0	0,0	0,0	8,0	10,2	0,0	0,9	45,0	96	4	Высокий
775	17,6	37,7	1	0,0	0,0	0,0	10,2	8,6	0,0	0,1	44,9	99	0	Средний

всего пласта — от 8,1 (скв. 760) до 37,0 м (скв. 813). Особенно повышается опасность самовозгорания тайнинских углей вблизи дизъюнктивных нарушений: степень тектонической нарушенности d_j здесь достигает 8,6 (скв. 764) — 8,9 (скв. 758) км/км². Повышенное содержание инертинита отмечено во всех скважинах с высокой степенью опасности самовозгорания углей, наибольшие значения — в скв. 708 и 828 — 10,0 %, 758 — 11,0 %. По другим параметрам (строение угольного пласта, влажность, содержание общей серы и др.) тайнинские угли относятся к среднему и низкому уровням опасности.

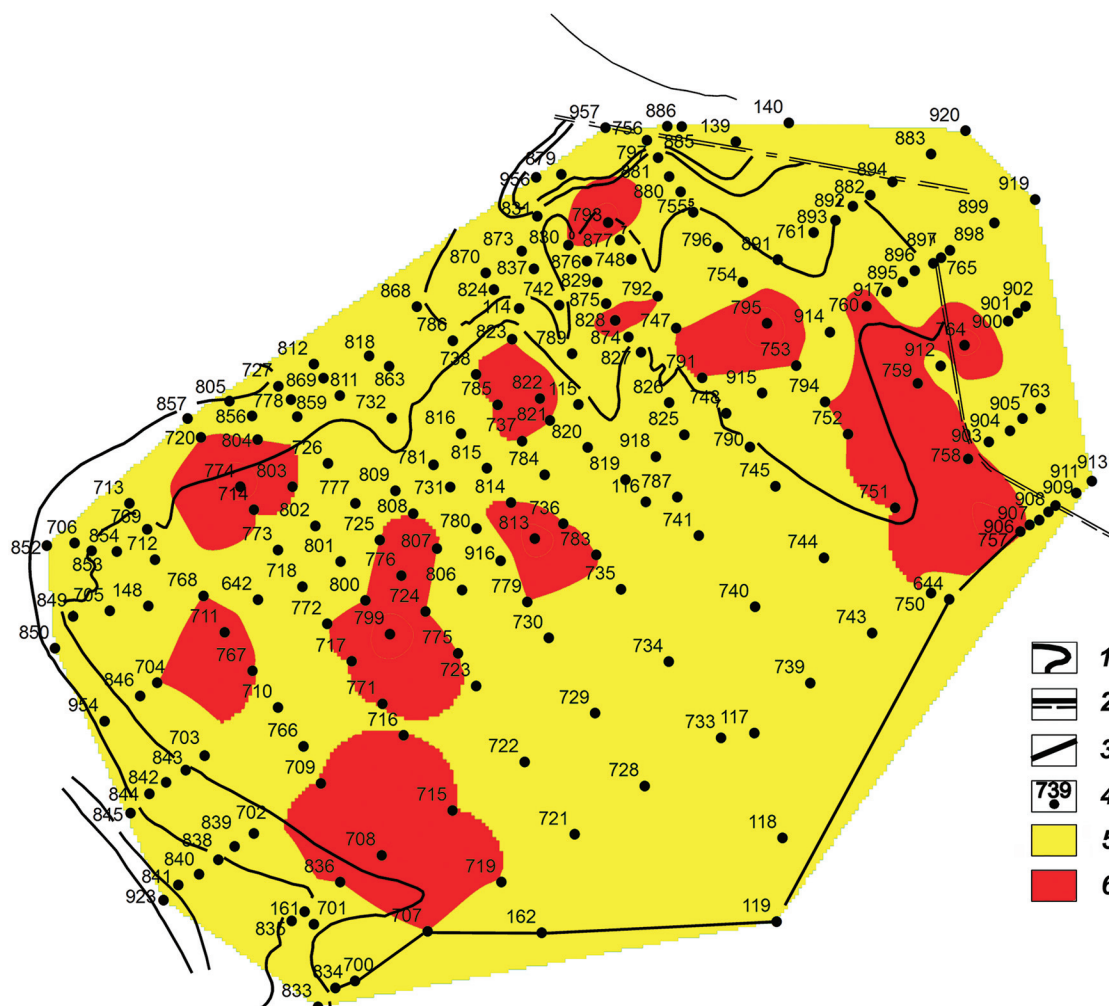
Переход от исходных данных угольного пласта «Мощный», полученных в результате геолого-разведочных работ, к ранговой шкале показан в табл. 3.

Данные о степени опасности самовозгорания углей в каждой точке наблюдений (скважине), полученные в результате проведённых расчётов, были использованы при построении карт прогноза самовозгорания углей исследуемых объектов (рисунок). С этой целью была применена программа ArcMap

10.2 из семейства геоинформационных программ ArcGIS. По имеющимся значениям методом интерполяции была построена непрерывная поверхность, отражающая степень опасности самовозгорания углей в каждой точке месторождения, которая была преобразована в карту прогноза самовозгорания углей [1].

Анализ карты прогноза самовозгорания углей пласта «Мощного» Тайнинского участка показал, что преобладающее распространение имеют угли средней степени опасности самовозгорания (85 %). Опасные по степени опасности угли представляют собой 10 изолированных участков разной величины (15 %), преимущественно в западной и восточной частях участка.

Таким образом, было показано, что на стадии геолого-разведочных работ предоставляется возможным осуществить прогноз самовозгораемости углей: определить степень опасности самовозгорания углей, используя метод многомерной классификации по эталонным точкам, и на его основе показать пространственное распределение разных по



Карта прогноза самовозгорания углей угольного пласта «Мощный» Тайнинского участка Канско-Ачинского бассейна:
1 — выходы угольных пластов под четвертичные отложения; 2 — разрывные нарушения; 3 — граница подсчёта запасов пласта «Мощного»; 4 — разведочная скважина и её номер; 5, 6 — степень опасности самовозгорания углей:
5 — средняя; 6 — высокая

степени опасности самовозгорания углей в границах шахтного поля или месторождения путём при-

менения геоинформационных программных продуктов, например, семейства ArcGIS.

ЛИТЕРАТУРА

1. Голынская Ф.А., Смирнова О.С., Никонов Р.А. Применение метода многомерной классификации по эталонным точкам для определения степени самовозгораемости углей на примере шахты «Распадская» Кузнецкого бассейна // Известия вузов. Геология и разведка. 2015. № 4. С. 15–21.
2. Быкадоров В.С., Гаврилин К.В., Озерский А.Ю. Канско-Ачинский угольный бассейн // Угольная база России. Т. III. М.: ООО «Геоинформ-центр», 2002. С. 32–173.
3. Рубанов Н.И., Кавицкий С.Л. Результаты детальной разведки Тайнинского участка Канского бурогоугольного месторождения для местных топливных нужд. Абакан: КГУ (Красноярскгеология), ТКЗ № 445, 1994. 641 с.
4. Смирнова О.С., Голынская Ф.А. Статистические методы в прогнозировании самовозгорания углей // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2016. № 1. С. 281–288.
5. Liu Lang, Zhou Fu-bao. A comprehensive hazard evaluation system for spontaneous combustion of coal in underground mining // International Journal of Coal Geology 2010. N 82. P. 27–36.

REFERENCES

1. Golynskaya F.A., Smirnova O.S., Nikonov R.A. Application of method of multidimensional classification reference points for determining the degree of smoochiest coals on the example of the Raspadskaya mine in the Kuzbass region. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Geologiya i razvedka* — [Proceedings of higher educational establishments. Geology and Exploration], 2015, no. 4, pp. 15–21. (In Russian).
2. Bykadorov V.S., Gavrilin K.V., Ozerskaya A.Yu. Kansk-Achinsk coal. *Coal base of Russia. Vol. III*. M., LLC «Geoinform-center» Publ., 2002, pp. 32–173. (In Russian).
3. Rubanov N.I., Kavitsky S.L. *The Results of detailed exploration Tirenkogo plot Kan lignite Deposit for local fuelwood needs*. Abakan: Krasnoyarsk region, KSU (Krasnoyarskgeologiya), TKZ Publ., 1994, no. 445, 641 p. (In Russian).
4. Smirnova O.S., Golynskaya F.A. Statistical methods in prediction of coal spontaneous combustion. *Mining Informational and Analytical Bulletin*, 2016, no. 1, pp. 281–288 (In Russian).
5. Liu Lang, Zhou Fu-bao A comprehensive hazard evaluation system for spontaneous combustion of coal in underground mining. *International Journal of Coal Geology*, 2010, no 82, pp. 27–36. (In Russian).

УДК 553.4 (571.55)

ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В РУДАХ НЕКОТОРЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЗОЛОТА ВОСТОЧНОГО ЗАБАЙКАЛЬЯ

Б.Н. АБРАМОВ

ФБГУН «Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН»
16 а, Недорезова ул., г. Чита 672014, Забайкальский край, Россия
e-mail: b_abramov@mail.ru

Распределение редкоземельных элементов в рудах месторождений золота Восточного Забайкалья показало, что рудоносные магматические очаги залегали на разных глубинах. Наибольшей степенью дифференциации характеризовались рудоносные флюиды (Eu/Eu* 0,29–0,32; Rb/Sr 0,98–1,40), являющиеся источниками золотокварц-арсенопиритовых руд, в меньшей степени золотосульфидно-кварцевых руд (Eu/Eu* 0,53–0,72; Rb/Sr 0,10–0,54). Рудоносные флюиды, являющиеся источниками золотокварц-арсенопиритовых руд (Eu/Sm 0,08–0,14), функционировали на меньших глубинах, чем золотокварцевых и золотосульфидно-кварцевых руд (Eu/Sm 0,11–0,19). Образование золотокварц-арсенопиритовых руд происходило из рудоносных флюидов, в значительной степени обогащенных летучими компонентами, на что указывает наличие значимых тетрад-эффектов в распределении лантаноидов (T_{1-4} 0,80; 1,15; 1,16).

Ключевые слова: распределение лантаноидов; золоторудные месторождения; рудоносные флюиды; золотокварц-арсенопиритовые руды.

DOI:10.32454/0016-7762-2018-5-48-58

PECULIARITIES OF THE DISTRIBUTION OF RARE-EARTH ELEMENTS IN THE ORES OF SOME GOLD DEPOSITS OF EASTERN TRANSBAIKALIA

B. N. ABRAMOV

*Institute of natural resources, ecology and cryology SB RAS)
16 a, Nedorezova street, Chita 672014, Zabaikalsky Krai, Russian Federation
e-mail: b_abramov@mail.ru*

The distribution of rare-earth elements (REE) in ores of gold deposits of East Transbaikalia has shown that the ore-bearing magma chambers have different depths and degrees of differentiation. The greatest degree of differentiation was within the magmatic foci ($\text{Eu}/\text{Eu}^* = 0,29\text{--}0,32$; $\text{Rb}/\text{Sr} = 0,98\text{--}1,40$), which are the sources of gold-quartz-arsenopyrite ores, the magmatic sources of the gold-quartz and gold-sulfide-quartz ores ($\text{Eu}/\text{Eu}^* = 0,53\text{--}0,72$; Rb/Sr of 0,10 to 0,54) had lesser degree of differentiation. Magma chambers that are sources for the gold-quartz-arsenopyrite ores ($\text{Eu}/\text{Sm} = 0,08\text{--}0,14$), were at shallower depths than those for gold-quartz and gold-sulfide-quartz ores ($\text{Eu}/\text{Sm} = 0,11\text{--}0,19$). The formation of gold-quartz-arsenopyrite ores took place at the magma chambers, largely enriched in volatile components, it is indicated by the existence of a significant tetrad effects in REE patterns of (T1-4 = 0,80; 1,15; 1,16).

Keywords: distribution of the lanthanides; gold deposits; magma chambers; gold-quartz-arsenopyrite ore.

Редкоземельные элементы (РЗЭ) рассматриваются как геохимические индикаторы магматических процессов. По распределению РЗЭ, их соотношениям возможно судить о степени дифференциации рудоносных флюидов, их глубинам функционирования, условиях и источниках образования. По составу РЗЭ можно определить глубину зарождения гидротермальных растворов, судить о наличии флюидов в рудоносных магматических очагах. В Восточном Забайкалье широко развиты мезозойские золоторудные месторождения, характеризующиеся отличиями состава руд с разными концентрациями элементов-примесей. Объекты исследования — золоторудные месторождения Александровское, Карийское, Ключевское, Средне-Голготайское и Верхне-Алиинское.

Фактический материал собран в 1996—2016 гг. во время выполнения базовых научных проектов в Институте природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН.

Определение элементов-примесей в рудах выполнено РФА методом, редкоземельных элементов — ASP-AES методом в аналитическом центре Геологического института СО РАН (г. Улан-Удэ).

Краткая характеристика оруденения золоторудных месторождений

Мезозойские золоторудные месторождения Восточного Забайкалья были образованы в результате коллизии Сибирского и Монголо-Китайского континентов в течение средней—поздней юры [8, 10]. Большинство из них пространственно приурочено к Монголо-Охотской сuture (рис. 1). Основными источниками золота в этих месторождениях были глубокодифференцированные plutonic и вул-

кано-плутонические производные шошонит-латитовой и известково-щелочной магм [16].

Рудные тела в золоторудных месторождениях представлены в основном прожилково-вкрапленными и жильными зонами, в которых развиты преимущественно золотокварцевый и золотосульфидно-кварцевый типы руд. Содержание рудных минералов в золотокварцевых рудах составляет около 1%, в золотосульфидно-кварцевых рудах — 30%. В золотокварц-арсенопиритовых рудах к числу основных рудных минералов относятся арсенопирит и пирит, количество рудных минералов достигает 30%.

На месторождениях, как правило, выделяется несколько стадий рудообразования, в том числе продуктивные (кварц-сульфидная, кварц-полиметаллическая), с которыми связано основное золотое оруденение.

В однотипных рудах на золоторудных месторождениях отмечаются разные концентрации элементов, что отражает различные условия образования и специфику рудоносных растворов (табл. 1).

Александровское месторождение. Рудные тела представлены сульфидно-кварцевыми жилами и зонами прожилково-вкрапленной минерализации, развитыми преимущественно в гранитах бичурского комплекса (P_2). Здесь выделены следующие минеральные ассоциации в порядке их проявления: 1) молибденит-кварцевая; 2) кварц турмалиновая; 3) висмутин-кварцевая; 4) пирит-кварцевая с золотом; 5) золотокварц-полиметаллическая; 6) кварц-карбонатная. Наиболее распространенным рудным минералом является пирит, меньше распространены халькопирит, висмутин, тетраэдрит, борнит.

Карийское месторождение. Вмещающие породы представлены протерозойскими метаморфическими образованиями и интрузиями амананского комп-

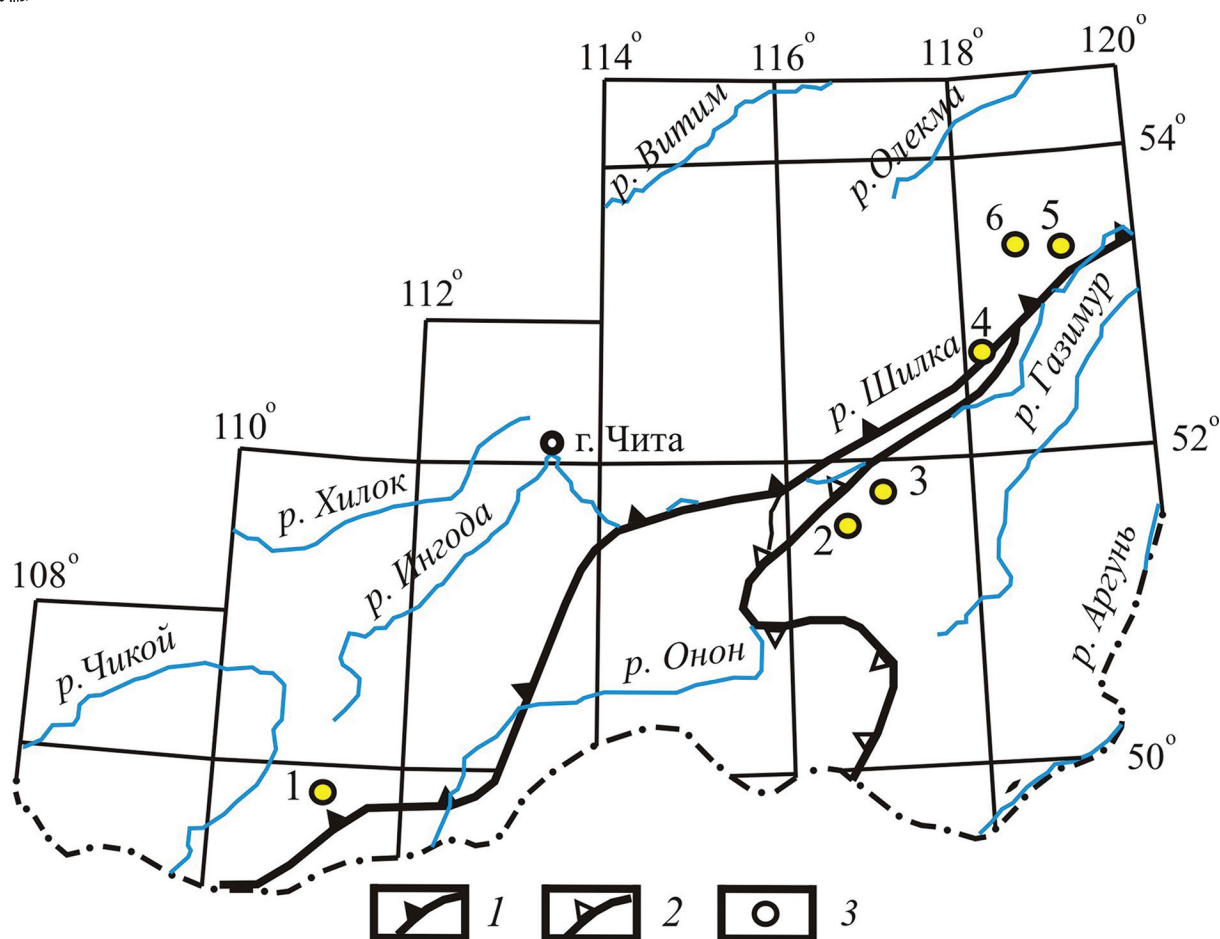


Рис. 1. Схема размещения мезозойских золоторудных месторождений Восточного Забайкалья: 1 — мезозойские золоторудные месторождения; Монголо-Охотская сutura: 2 — основная ветвь, 3 — Ононская ветвь

лекса (J_2). Всего на месторождении насчитывается 23 рудные зоны, имеющие северо-западное простирание. На месторождении выделяются следующие участки, отличающиеся составом основных рудных минералов: Амурская дайка, Новинка, Сульфидный, Дмитриевский. По данным [9], формирование золотого оруденения происходило в четыре стадии с образованием следующих продуктивных ассоциаций: I — кварц-пирит-турмалиновая; II — кварц-актинолит-магнетитовая; III — сульфидно-кварцевая; IV — полиметаллическая [9]. Последние две стадии распространены ограниченно. Наиболее продуктивной является кварц-актинолит-магнетитовая ассоциация. Установлено, что образование золотого оруденения на месторождении тесно связано с заключительными этапами формированием интрузий амуджикакано-шахтаминского комплекса (J_{2-3}), с дайковым комплексом — лампрофирами, гибридными порфирами, грорудитами. Исследования флюидных включений в грорудитах, по данным LA-ICP-MS, позволили выявить, что в составе флюидных включений присутствуют преимущественно Na и K, а также значимые концентрации As, Mo, Sb, Cs, W, Hg, указывающие на концентрацию элементов-спутников

золотого оруденения, подтверждающие генетическую связь оруденения с магматизмом [6].

Ключевское месторождение. Основным рудным телом на месторождении является штокверк с отдельными жилами и прожилково-вкрапленной минерализацией. Штокверк сложен кварц-турмалиновыми, турмалин-пиритовыми жилами и прожилками, брекчиями вмещающих пород. Рудовмещающие породы представлены гранитами амананского (J_2) и амуджикано-шахтаминского комплекса (J_{2-3}).

Рудная минерализация месторождения образовалась в течении нескольких стадий: 1) молибденит-кварцевая с калишпатизацией; 2) сульфидно-кварц-турмалиновая с калишпатизацией; 3) кварц-турмалин-сульфидная с альбитизацией; 4) полиметаллическая; 5) карбонатная с халцедоном [2, 13].

Средне-Голготайское месторождение. На месторождении рудные тела представлены жилами золотокварцевого и золотосульфидно-кварцевого составов. В жилах золотокварцевого типа количество рудных минералов составляет 1—2%. Из рудных минералов наиболее распространены пирит и арсенопирит. В меньших количествах отмечены халькопирит, пирротин, молибденит, висмутин.



Средние содержания элементов-примесей в основных типах руд мезозойских золоторудных месторождений Восточного Забайкалья, г/т														Таблица 1	
Элементы	Au	Cu	Zn	As	Bi	Pb	Rb	Sr	Nb	Mo	Ag	Sn	Sb	Ba	Rb/Sr
Александровское месторождение															
Золото кварц-сульфидные руды (n = 14)															
x	4,94	117	186	170	27	262	91	594	4,3	31	12	47	80	447	0,15
s	17,0	131	322	478	58	843	46	690	2,6	43	24	57	92	622	
Карийское месторождение															
Золото кварц-сульфидные руды (n = 10)															
x	2,19	377	100	303	3877	106	164	335	4,3	15	9	34	39	170	0,49
s	3,06	303	108	347	4281	142	142	182	1,4	14	14	27	63	284	
Золото актинолит-магнетитовые руды (n = 8)															
x	37,1	65	2560	1352	83	26	26	45	81	31		10	33	201	0,58
s	45	22	3119	2773	116	71	18	18	64	12		9	22	177	
Золото кварц-арсенопиритовые руды (n = 6)															
x	8,6			140000	-	-	241	172	7	68	11		160	892	1,40
s	7,9			35590			88	73	3	44	8		74	671	
Ключевское месторождение															
Золото кварц-сульфидные руды (n = 6)															
x	1,1	253	60	605	55	23	38	521	4	28	3	22	70	150	0,10
s	1,6	222	17	358	7	23	74	75	2	24	0,2	22	61	348	
Средне-Голготайское месторождение															
Золото кварц-сульфидные руды (n = 6)															
x	0,71	215	94	223	352	487	109	200	8	442	3	36	225	144	0,54
s	0,62	71	29	301	346	463	151	88	3	960	2	57	219	257	
Золото кварцевые руды (n = 6)															
x	0,92		132	35143	1793	200		70	13	86	4	30	335		
s	0,64		152	58766	2606	111		50	11	116	3	34	405		
Верхне-Алиинское месторождение															
Золото кварц-арсенопиритовые руды (n = 13)															
x	33,2	5250	144	132000	1823	3843	98	100	16	8	80	36	240	69	0,98
s	46,7	4453	59	17352	894	2822	74	73	7	7	43	22	164	126	
Любавинское месторождение															
Золото кварц-сульфидные руды (n = 8)															
x		190	135	11330		119	46	123	4		2	6	28	230	0,37
s			56	11437		136	43	149	2			4	22	162	

Примечание. x – среднее арифметическое, s – стандартное отклонение, n – число анализов. Содержания золота определены атомно-абсорбционным методом в аналитической лаборатории ЛИИЦИМС (г. Чита), содержания остальных элементов – рентгенфлуоресцентным методом в аналитической лаборатории Геологического института СО РАН, г. Улан-Удэ; аналитик Б.Ж. Жалсараев. При расчете средних концентраций элементов учитывались данные только продуктивных стадий рудообразования.

Таблица 2
Содержание редкоземельных элементов в кварцево-сульфидных рудах золоторудных месторождений Восточного Забайкалья, г/т

Номера проб	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Y	?TR	LanYbn	EuEu*	EuSm
Александровское месторождение																			
224	68,2	138	12,8	59,0	10,3	2,08	5,01	0,58	3,16	0,63	1,90	0,24	1,28	0,21	15,0	318,4	36,9	0,88	0,20
230	31,8	62,8	7,47	35,1	6,22	1,07	2,77	<1	1,36	<0,5	1,06	<0,3	0,41	<0,15	5,47	155,5	53,9	0,79	0,17
244	72,8	136	12,7	63,1	10,7	2,27	5,41	1,07	3,18	0,66	2,13	0,3	0,93	0,17	13,3	324,7	54,3	0,91	0,21
256	3,23	4,22	0,95	4,50	1,62	0,24	<2	0,34	0,57	0,23	0,86	0,16	0,91	0,19	5,34	23,64	2,5		0,15
261	46,9	91,3	10,7	47,9	9,59	1,99	5,96	1,28	4,3	0,93	2,58	0,34	1,71	0,27	24,1	249,5	19,1	0,80	0,21
262	74,3	129	9,94	51,0	8,67	1,75	3,22	<1	2,46	0,55	1,44	0,31	1,0	0,18	10,5	294,2	51,6	1,0	0,20
279	46,4	92,6	10,2	49,8	9,53	1,98	4,97	<1	3,05	0,64	2,04	<0,3	1,02	0,19	13,5	235,9	31,6	0,88	
Карийское месторождение																			
584-5	2,37	4,0	0,85	2,35	0,43	0,15	0,69	<1	0,58	0,16	0,44	0,13	0,25	0,08	2,9	15,38	6,6	0,84	0,35
579-2	19,8	41,6	5,3	23,6	5,22	2,45	4,75	0,77	4,0	0,80	2,0	0,32	1,85	0,22	21,1	133,78	7,41	1,50	0,47
579-3	30,8	60,0	7,5	33,7	8,0	2,0	7,6	1,22	6,2	1,16	3,0	0,46	2,87	0,37	34,2	199,10	7,45	0,78	0,25
579-6	11,8		<3	10,5	1,8	0,32	<2	<1	<2	<0,5	<1	<0,3	0,80	<0,15	6,4	52,82	10,2		0,18
579-9	13,9	23,7	<3	11,3	2,3	0,37	<2	<1	1,9	<0,5	2,0	<0,3	2,0	<0,15	12,0	69,47	4,82		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Средне-Голгоутское месторождение																			
517	14,0	24,2	<3	11,1	2,2	0,25	<2	<1	<2	<0,5	<1	<0,3	0,45	<0,15	4,8	57,0	21,6		0,11
518	4,8	<4	<3	2,0	<1	0,11	<2	<1	<2	<0,5	<1	<0,3	0,34	<0,15	3,8	10,71	9,7		
519	18,3	34,0	4,0	18,4	3,54	0,70	2,45	<1	<2	<0,5	1,0	<0,3	0,80	0,13	9,2	91,52	15,9	0,73	0,20
529	6,1	4,7	<3	3,0	<1	0,12	<2	<1	<2	<0,5	<1	<0,2	0,34	<0,15	3,7	17,97	12,4		
Любавинское месторождение																			
862	9,4	19,5	<2	7,7	1,6	0,30	1,2	<0,5	1,2	<0,5	0,80	<0,3	0,70	<0,15	6,2	48,6	9,33	0,66	0,19
863	7,8	16,7	<2	6,7	1,5	0,25	1,1	<0,5	1,2	<0,5	0,78	<0,3	0,62	<0,15	6,4	43,05	8,7	0,59	0,17
781	8,0	15,9	2,6	7,5	1,1	0,36	1,5	<1	1,3	0,09	0,75	0,20	0,61	0,09	6,0	46,00	9,1	0,86	0,33
791	12,2	26,0	3,4	11,3	1,86	0,58	2,48	<1	2,1	<0,5	1,15	0,29	1,09	0,16	11,4	74,01	7,77	0,83	0,31
Верхне-Алиинское месторождение																			
681-2	16,5	31,8	3,3	13,0	2,4	0,23	2,3	<2	1,55	<0,5	0,88	<0,3	0,69	<0,15	8,8	81,45	16,6	0,30	0,10
681-4	25,7	45,9	5,0	18,7	3,3	0,26	1,85	<2	<1	<0,5	<0,5	<0,3	0,15	<0,15	2,4	103,11	119	0,32	0,08
689	6,0	11,7	<2	4,35	0,88	0,09	<1	<2	<1	<0,5	<0,5	<0,3	0,21	<0,15	2,6	25,62	19,9		0,10
689-1	10,0	21,3	2,2	8,8	2,0	0,28	4,1	1,0	7,0	1,5	4,5	0,6	3,8	0,60	51,0	118,69	1,8	0,30	0,14
Ключевское месторождение																			
533-2	8,2	17,6	<2	8,4	2,3	0,50	2,1	<0,5	2,3	0,52	1,50	<0,3	1,13	0,15	13,1	57,8	5,3	0,69	0,22
538	31,5	530	39	136	18,6	1,95	7,9	<1	3,9	0,78	1,5	<0,3	1,15	0,19	14,6	1071	190	0,49	0,10
539	<3	6,44	<3	3,3	<1	0,17	<2	<1	<2	<0,5	<1	<0,3	0,76	<0,15	8,8	19,47			
540-1	<3	4,2	<3	2,7	<1	<0,1	<2	<1	<2	<0,5	<1	<0,3	0,34	<0,15	3,8	11,04			

Вмещающими породами являются граниты ундинского (C_1) и амуджикано-шахтаминского (J_{2-3}) комплексов [1].

Верхне-Алиинское месторождение. На месторождении выделены Западная, Восточная и Широкая рудные зоны. Рудные тела в них представлены золотосульфидно-кварцевыми жилами и прожилково-вкрапленными зонами. Основные рудные минералы — арсенопирит, пирит и пирротин. Менее распространены халькопирит, галенит, сфалерит, блеклая руда, марказит, антимонит. Вмещающие породы представлены монцонитами амуджикано-шахтаминского комплекса (J_{2-3}) [3].

Любавинское месторождение. Рудные тела представлены рудоносными кварцевыми жилами. По составу руды относятся к малосульфидному золотокварцевому типу. Количество сульфидов в жилах составляет 2—3% с резким преобладанием арсенопирита и пирита. На месторождении выделены следующие типы минерализации: полевошпат-кварцевая, золотомалосульфидная (продуктивная), полиметаллическая, антимонитовая [12].

Установлено, что изотопный состав кислорода во флюиде в равновесии с кварцем рудоносных жил продуктивного этапа (260—205°C) меняется от 2,69 до 10,26‰. При этом большинство рассчитанных значений попадает в интервал $+5,5 \div +9,5$ ‰, что соответствует водному флюиду магматической природы [19]. Магматический источник рудоносных флюидов также подтверждается данными по изотопии серы сульфидов. Флюиды, отлагавшие сульфиды, характеризуются значениями $\delta^{34}S$, ‰ от $-0,56$ до $+6,44$. Изотопный состав серы во флюиде магматического источника составляет 0—5‰ [20]. Отсюда следует, что сера сульфидов Любавинского месторождения имеет магматический источник [4].

В Восточном Забайкалье установлена связь золотого и молибденового оруденений с интрузиями амуджикано-шахтаминского комплекса, преимущественно с его заключительной дайковой серий (J_{2-3}) [16]. Установлено, что кристаллизация поздних дифференциатов данного комплекса, сопровождалась накоплением Au, Ag, Pb и As [7]. Рудоносные флюиды, обогащенные хлором, в результате взаимодействия с остаточным расплавом, обогащенным золотом, приводили к формированию золоторудных месторождений [16].

Для оценки степени дифференциации магматических очагов рудоносных флюидов были рассчитаны Rb/Sr и Eu/Eu* отношения в отличных по составу золотоносных рудах из разных месторождений [7]. $Eu/Eu^* = Eu_n / [Sm_n \times Gd_n]^{1/2}$ [11].

Значения степени дифференциации руд в гидротермальной системе с большой степенью вероятности отражает состав рудоносных флюидов, которые в свою очередь соответствуют составу рудоносных магматических очагов. Между рудоформи-

рующими магматическими очагами и гидротермальными системами существуют значительные пространственные, временные, термодинамические, гидродинамические и геохимические различия, соотношения и далеко не прямые связи. Однако будем исходить из того, что состав руд в гидротермальной системе соответствует составу рудоносных флюидов. Полученные нами данные указывают на различную степень дифференциации золоторудных рудоносных флюидов (табл. 1, 2).

Наибольшей степенью дифференциации характеризуются рудоносные флюиды золотоарсенопиритовых руд, в меньшей степени — золотокварцевых и золотосульфидно-кварцевых руд. В золотоарсенопиритовых рудах Rb/Sr отношения варьируют от 0,98 до 1,40. Для данного типа руд характерен отчетливый европиевый минимум ($Eu/Eu^* 0,30—0,86$). В золотокварцевых и золотосульфидно-кварцевых рудах Rb/Sr отношения составляют 0,10—0,54; отношения $Eu/Eu^* 0,49—1,50$ (табл. 2). В актинолит-магнетитовых рудах Карийского месторождения отношение Rb/Sr составляет 0,58.

Для оценки глубин формирования рудоносных магматических очагов использовались Eu/Sm отношения в трактовке С.Ф. Винокурова [5]. Расчёты показали, что рудоносные флюиды золотокварц-арсенопиритовых руд ($Eu/Sm 0,08—0,33$) относительно флюидов золотокварцевых и золотосульфидно-кварцевых руд ($Eu/Sm 0,11—0,40$) возникли на меньших глубинах. Образование золотоносных руд мезозойских золоторудных месторождений происходило в верхней континентальной коре.

Особенности распределения РЗЭ в рудах золоторудных месторождений

Распределение РЗЭ в одинаковых по составу рудах разных месторождений существенно отличаются (рис. 2). Так, на Александровском месторождении сумма $\Sigma РЗЭ$ в пробе 224 из кварцево-сульфидной жилы составляет 318, 4 г/т, в пробе 256—23,63 г/т (табл. 2). Известно, что чистый кварц характеризуется очень низкими концентрациями РЗЭ, на уровне содержаний в хондрите [15]. Основные концентрации РЗЭ связаны с карбонатными и другими составляющими рудных жил (рис. 3).

Для концентраций элементов-примесей в одинаковых по составу рудах разных месторождений отмечены как сходство, так и отличия (табл. 1). Так, кварцарсенопиритовые руды Карийского и Верхне-Алиинского месторождений обладают близкими концентрациями As, но отличаются содержаниями Cu и Pb (табл. 1). Отличия в элементном составе золотокварцевых и золотосульфидно-кварцевых руд от золотокварц-арсенопиритовых руд выражены в разных концентрациях типоморфных элементов — Rb и Sr. Повышенными содержаниями Sr характеризуются золотокварцевые и золото-

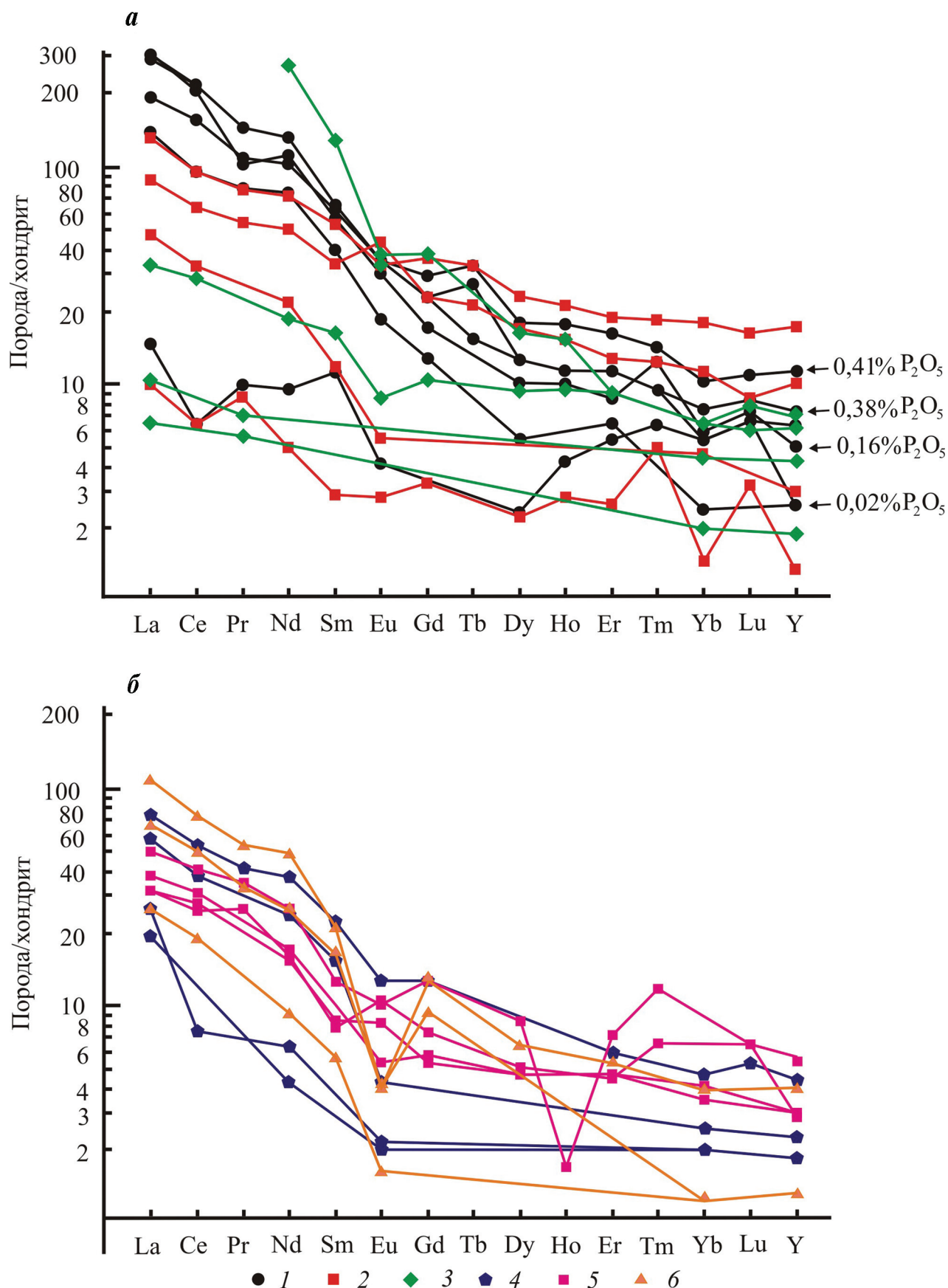


Рис. 2. Распределение редкоземельных элементов в рудах месторождений золота Восточного Забайкалья: сульфидно-кварцевые руды месторождений: а – 1 – Александровского, 2 – Карицкого, 3 – Ключевского; б – 4 – Средне-Голгоутайского, 5 – Любавинского, 6 – Верхне-Алиинского. Содержания P_2O_5 определены РФА методом

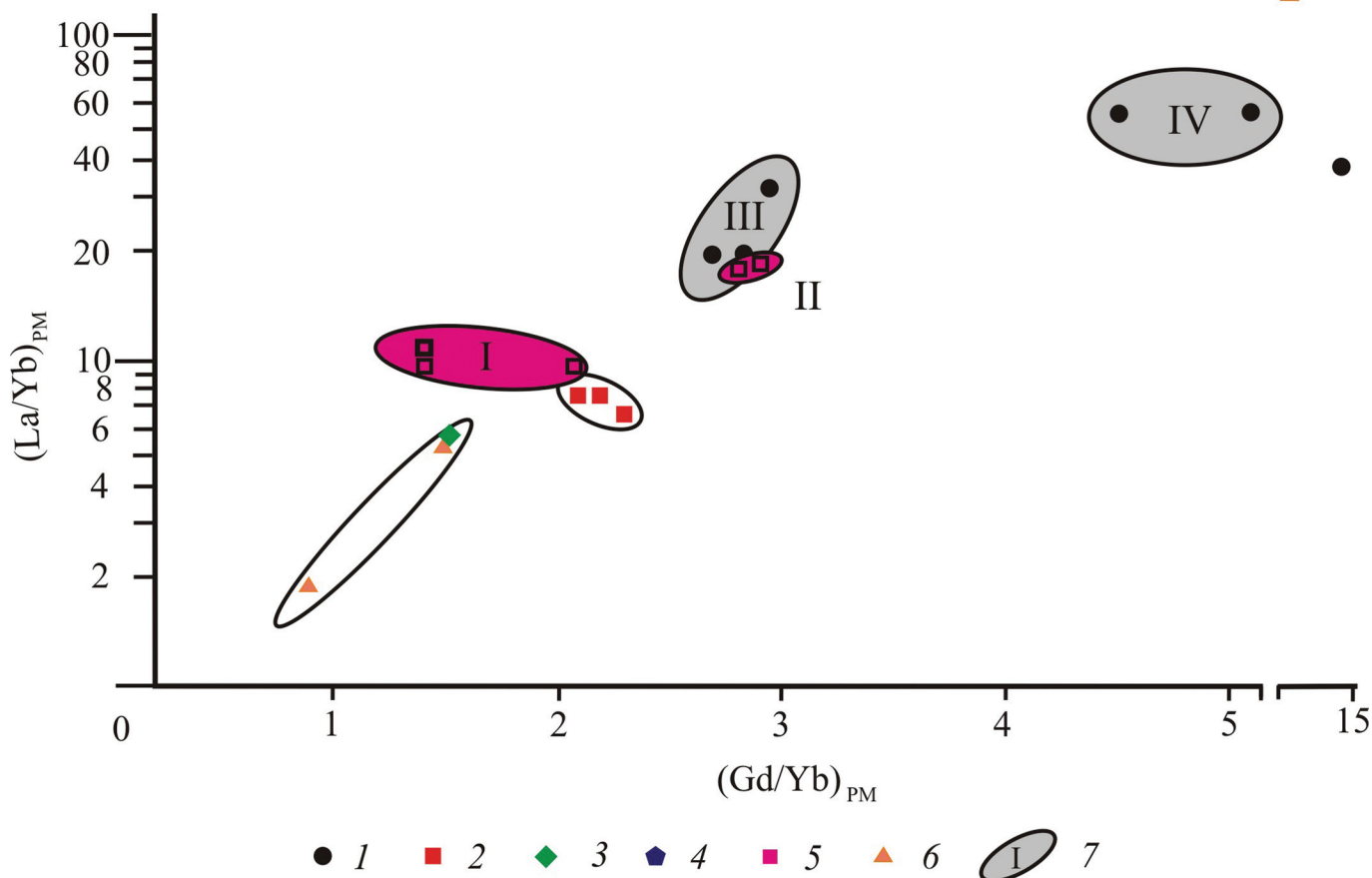


Рис. 3. Диаграмма $(La/Yb)_{PM} - (Gd/Yb)_{PM}$ руд месторождений золота Восточного Забайкалья: кварцево-сульфидные руды месторождений: 1 – Александровского, 2 – Карийского, 3 – Ключевского, 4 – Средне-Голготайского, 5 – Любавинского, 6 – Верхне-Алиинского; 7 – поля развития руд с разными геохимическими характеристиками (I – руды, образованные из недифференцированных магматических очагов, II – руды, образованные из дифференцированных магматических очагов)

сульфидно-кварцевые руды, Rb — золотокварц-арсенопиритовые руды (табл. 1).

Анализ отношений типоморфных элементов свидетельствует, что магматические очаги разных типов руд имели разную степень дифференциации и функционировали на разных глубинах. Так, на Карийском месторождении по соотношениям Rb и Sr наиболее дифференцированными были магматические очаги золотокварц-арсенопиритовых руд (Rb/Sr 1,40), менее — золотоактинолит-магнетитовых (Rb/Sr 0,58) и золотокварц-сульфидных руд (Rb/Sr 0,49).

Наличие в рудных полях золоторудных месторождений разных по составу и близких по возрасту интрузивных образований свидетельствует о функционировании разноуровневых, в разной степени дифференцированных магматических очагов, являющихся источниками рудоносных флюидов. Выявлено, что на Средне-Голготайском месторождении золотокварцевые и золотосульфидно-кварцевые руды образованы из разных магматических очагов [1].

В рудных полях золоторудных месторождений широко развиты дайки и штоки основного, среднего и кислого состава амуджикано-шахтаминского комплекса. Это указывает на функциони-

рование разноглубинных в различной степени дифференцированных магматических очагов. Характерно, что разная степень дифференциации и глубины формирования рудоносных магматических очагов различающихся типов руд характерны для всех мезозойских золоторудных месторождений Восточного Забайкалья. На диаграмме $(La/Yb)_{PM} - (Gd/Yb)_{PM}$ на Александровском и Карийском месторождениях четко выделяется по две группы рудоносных магматических очагов, которым свойственны разные глубины и степень дифференциации (рис. 3). Магматические очаги, функционировавшие на меньших глубинах, в сравнении с магматическими очагами больших глубин, характеризуются повышенными концентрациями легких РЗЭ (табл. 2).

Изучение спектров тетрад-эффектов (ТЭФ) лантаноидов является важной частью познания процессов рудообразования. Они возникают в случае образования комплексных соединений РЗЭ [18]. При этом нарушается плавная линия нормированного спектра лантаноидов с образованием отдельных изгибов (тетрад). Выявлено, что эти спектры образуются при наличии во флюидах, обогащенных летучими компонентами, а также при измене-

Таблица 3

Тетрад-эффекты в спектрах лантаноидов в рудах золоторудных месторождений Восточного Забайкалья

Номера проб	Минеральный состав	T_1	T_3	T_4	T_{1-4}
Александровское месторождение					
229	Кварц, пирит	1,01	1,04	0,93	0,99
234	Кварц, пирит, арсенопирит, сфалерит	0,99	0,93	0,83	0,91
236	Кварц, пирит	0,97	0,90	0,90	0,92
237	Кварц, пирит, арсенопирит	1,07	0,99	0,80	0,95
237-3	Кварц, пирит, арсенопирит	1,01	0,99	0,92	0,97
237-4	Кварц, пирит, арсенопирит	1,07	0,88	0,82	0,92
248	Кварц, турмалин, пирит	0,99	1,0	0,74	0,90
260	Кварц, пирит	1,05	0,92	0,93	0,96
280-1	Кварц, пирит	1,03	0,52	0,93	0,80
Карийское месторождение					
584-5	Кварц, актинолит, магнетит	1,08		0,94	1,0
579-2	Кварц, турмалин, пирит	0,95	0,99	1,06	0,99
579-3	Кварц, турмалин, пирит	0,91	1,02	1,13	1,01
579-6	Кварц, турмалин, пирит				
579-9	Кварц, турмалин, пирит				
Сртдне-Голготайское месторождение					
517	Кварц, пирит, сфалерит				
518	Кварц, пирит, сфалерит				
519	Кварц, пирит, сфалерит	0,98			
529	Кварц, пирит, сфалерит				
Любавинское месторождение					
862	Кварц, арсенопирит, пирит				
863	Кварц, арсенопирит, пирит				
781	Кварц, арсенопирит	1,15		1,31	1,15
791	Кварц, арсенопирит	1,23		1,27	1,16
Верхне-Алиинское месторождение					
681-2	Кварц, арсенопирит	0,94			
681-4	Кварц, арсенопирит	0,93			
689	Кварц, пирит, пирротин				
689-1	Кварц, пирит, пирротин	0,97	1,15		1,03

Примечание. Красным цветом выделены пробы с тетрад-эффектами в спектрах лантаноидов.

нии кислотности-щелочности среды. Наличие данных спектров ТЭФ РЗЭ чётко прослеживается для заключительных стадий дифференциации редко-металльных интрузий [14, 17].

Образование спектров ТЭФ РЗЭ обусловлено их способностью к созданию комплексных соединений в водной среде, что приводит к нарушению плавной линии спектра с разделением на четыре группы (тетрады): La-Nd, Sm-Gd, Gd-Ho и Er-Lu [14, 17]. Величина рассматриваемых спектров рассчитывается по отклонению концентраций середины тетрады относительно краевых значений. $TE_1 = \sqrt{X_2/X_1^{2/3} \times X_4^{1/3} \times X_3/X_1^{1/3} \times X_4^{2/3}}$ [14, 17]. Спектры ТЭФ рассчитываются для первой, третьей и четвертой тетрад. Значения РЗЭ нормированы к хондриту.

$$TE_1 = \sqrt{\frac{Ce}{La^{2/3} \times Nd^{1/3}} \times \frac{Pr}{La^{1/3} \times Nd^{2/3}}};$$

$$TE_3 = \sqrt{\frac{Tb}{Gd^{2/3} \times Ho^{1/3}} \times \frac{Dy}{Gd^{1/3} \times Ho^{2/3}}};$$

$$TE_4 = \sqrt{\frac{Tm}{Er^{2/3} \times Lu^{1/3}} \times \frac{Yb}{Er^{1/3} \times Lu^{2/3}}};$$

Суммарное их значение рассчитывается по формуле $TE_{1-4} = \sqrt[3]{TE_1 TE_3 TE_4}$, [14, 17]. Спектры ТЭФ принимаются значимыми если $TE_1 > 1,1$ (M тип), $TE_1 < 0,9$ (W тип) [14]. Установлено, что появление спектров ТЭФ в редкометаллических гранитах является следствием процессов фторидно-силикатной жидкостной несмешиваемости в магме. Наличие ТЭФ в магматических расплавах свидетельствует о при-

сутствии флюидной фазы, содержащей летучие компоненты, воду и фтор [17]. Образование спектров также связано и с изменением кислотности-щелочности среды [17].

Сравнительный анализ распределения РЗЭ в различных типах руд золоторудных месторождений показывает, что руды кварц-арсенопиритового состава, в отличие от остальных типов руд, характеризуются наличием ТЭФ в спектрах распределения лантаноидов (T_{1-4} 0,80; 1,15; 116) (табл. 3). Это можно объяснить повышенными концентрациями летучих компонентов в рудоносных магматических очагах.

Заключение

Таким образом, различные типы руд мезозойских золоторудных месторождений Восточного Забайкалья были образованы из разноглубинных и в различной степени дифференцированных магма-

тических очагов. Наибольшей степенью дифференциации характеризовались рудоносные флюиды (Eu/Eu^* 0,29—0,32; Rb/Sr 0,98—1,40), являющиеся источниками золотокварц-арсенопиритовых руд, в меньшей степени золотокварцевых и золотосульфидно-кварцевых руд (Eu/Eu^* 0,53—0,72; Rb/Sr 0,10—0,54). Рудоносные флюиды, золотокварц-арсенопиритовых руд (Eu/Sm 0,08—0,14) функционировали на меньших глубинах, чем рудоносные флюиды золотокварцевых и золотосульфидно-кварцевых руд (Eu/Sm 0,11—0,19). Образование золотокварц-арсенопиритовых руд происходило из рудоносных флюидов, в значительной степени обогащенных летучими компонентами, на это указывает наличие значимых тетрад-эффектов в распределении лантаноидов (T_{1-4} — 0,80; 1,15; 116).

Работа выполнена по проекту IX.137.1.2 (№ государственной регистрации АААА-А17-117011210077-2) при частичной поддержке гранта РФФИ (грант 16-05-00353).

ЛИТЕРАТУРА

- Абрамов Б.Н. Условия формирования, минералогическо-геохимические особенности пород и руд Средне-Голготайского золоторудного месторождения (Восточное Забайкалье) // Известия вузов. Геология и разведка. 2012. № 3. С. 79—82.
- Абрамов Б.Н. Ключевское золоторудное месторождение: условия формирования, петрогеохимические особенности пород и руд (Восточное Забайкалье) // Докл. РАН. 2015. Т. 464. № 1. С. 85—90.
- Абрамов Б.Н. Верхне-Алиинское золоторудное месторождение: условия формирования, петрогеохимические особенности пород и руд (Мунгинский рудный узел, Восточное Забайкалье) // Литосфера. 2016. № 4. С. 92—101.
- Абрамов Б.Н., Калинин Ю.А., Посохов В.Ф. Любавинское золоторудное месторождение (Восточное Забайкалье): петрогеохимия, источники пород и руд // Известия Томского политехнического университета // Инжиниринг георесурсов. 2018. Т. 329. № 3. С. 134—144.
- Винокуров С.Ф. Европиевые аномалии в рудных месторождениях и их геохимическое значение // Докл. РАН. 1996. Т. 346. С. 792—795.
- Волкова М.Г., Спиридонов А.М., Боровиков А.А. и др. Шелочные жильные породы Карийского рудного узла: состав рудообразующих флюидов и условия образования по (по результатам изучения флюидных включений) // Geodynamics & Tectonophysics. 2016. Т. 7. № 4. С. 679—690.
- Гаврикова С.Н. Гранитообразование в активизированных щитах (на примере южной окраины Сибирской платформы). Дис. ... докт. геол.-мин. наук. М.: ГЕОИИ АН СССР, 1985. 260 с.
- Гордиенко И.В., Кузьмин М.И. Геодинамика и металлогения Монголо-Забайкальского региона // Геология и геофизика. 1999. Т. 40. № 11. С. 1545—1562.
- Жмодик С.М., Росляков Н.А., Спиридонов А.М., Козаченко И.В. // Золотопорфировое оруденение Карийского рудного узла как новый тип оруденения в Восточном Забайкалье // Докл. РАН. 209. Т. 426. № 6. С. 791—796.
- Зорин Ю.А., Беличенко В.Г., Рутштейн И.Г. и др. Геодинамика западной части Монголо-Охотского пояса и тектоническая позиция рудных проявлений золота в Забайкалье // Геология и геофизика. 1998. Т. 39. № 11. С. 104—112.
- Интерпретация геохимических данных: Учебное пособие / Под ред. Е.В. Складова. М.: Интермет Инжиниринг, 2001. 288 с.
- Китаев Н.А. Геология, геохимия и генетические особенности формирования золотых руд Любавинского рудного поля // Геология и геофизика. 1977. № 3. С. 46—55.
- Криволюцкая Н.А. Парагенетические ассоциации минералов и условия образования руд Ключевского месторождения золота (Восточное Забайкалье, Россия) // Геология рудных месторождений. 1997. № 4. С. 344—361.
- Перетяжко И.С., Савина Е.А. Тетрад-эффекты гранитоидных пород — следствие процессов жидкостной несемеси в богатых фтором силикатных расплавах // Докл. РАН. 2010. Т. 433. № 4. С. 524—529.
- Светова Е.Н., Светов С.А., Данилевская Л.А. Редкие и редкоземельные элементы в кварце как индикаторы условий минералообразования // Труды Карельского научного центра РАН. 2012. № 3. С. 137—144.
- Спиридонов А.М., Зорина Н.А., Китаев Н.А. Золотоносные рудно-магматические системы Забайкалья. Новосибирск: Академическое издательство «Гео», 2006. 291 с.
- Ясыгина Т.А., Рассказов С.В. Редкоземельные элементы с тетрад-эффектом: проявление в палеозойских гранитоидах Окинской зоны Восточного Саяна // Геохимия. 2008. № 8. С. 877—889.
- Irber W. The lanthanide tetrad effect and correlation with K/Rb, Eu/Eu*, Sr/Eu, Y/Ho, and Zr/Hf of evolving peraluminous granite suites // Geochim Cosmochim Acta. 1999. V. 63. № (3/4). P. 489—508.
- Ridley J.R., Diamond L.W. Fluid chemistry of orogenic lode gold deposits and implications for genetic models // Gold in 2000. SEG Reviews. 2000. V. 13. P. 141—162.
- Yang Q., Santosh M., Shen J., Li Sh. Juvenile vs. recycled crust in NE China: Zircon U—Pb geochronology, Hf isotope and an integrated model for Mesozoic gold mineralization in the Jiaodong Peninsula // Gondwana Res. 2014. V. 25. P. 1445—1468.

REFERENCES

- Abramov B.N. Formation conditions, mineral and geochemical characteristics of rocks and ores of Sredne-Golgotaisk gold deposit (Eastern Transbaikalia). *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Geologiya i razvedka* — [Proceedings of higher educational establishments. *Geology and Exploration*], 2012, no 3, pp. 79—82. (In Russian).
- Abramov B.N. The Klyuchevskoe gold ore deposit (Eastern Transbaikalia): Formation conditions and petrogeochemical features of rocks and ores. *Doklady Earth Sci.*, 2015, vol. 464, no 1, pp. 85—90. (In Russian).
- Abramov B.N. Verkhne-Aliinsky gold deposit: Conditions of formation, petrogeochemical features of rocks and ores (Munginsk

- ore cluster, Eastern Transbaikalia. *Litosfera*. 2016, no 4, pp. 92–101. (In Russian).
4. Abramov B.N., Kalinin YU.A., Posohov V.F. Lubavinsky gold deposit (Eastern Transbaikalia): petrogeochemistry, sources of rocks and ore. *Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. Geo Assets Engineering*. 2018, V. 329, no 3, pp. 134–144. (In Russian).
5. Vinokurov S.F. Europium anomalies in the ore deposits and their geochemical significance. *Doklady Earth Sci.* 1996, vol. 346, no.1, <https://elibrary.ru/contents.asp?id=34186892&selid=24960875>, pp. 792–795. (In Russian).
6. Volkova M.G., Spiridonov A.M., Borovikov A.A. i dr. Alkaline vein rocks of the Kara ore node: the composition of ore-forming solutions and conditions of their formation (based on the study of fluid inclusions). *Geodynamics & Tectonophysics*. 2016, V. 7, no 4, pp. 679–690. (In Russian).
7. Gavrikova S.N. Granitoobrazovanie v aktivizirovannyh shchitah (na primere yuzhnoj okrainy Sibirskoj platformy). Dissertaciya d.g.-m.n. M., GESHCHKHI AN SSSR, 1985, 260 p.
8. Gordienko I.V., Kuz'min M.I. Geodynamics and Metallogeny of the Mongolian-Transbaikalian Region. *Geology and Geophysics*. 1999, vol. 40, no 11, pp. 1545–1562. (In Russian).
9. Zhmodik S.M., Rosljakov N.A., Spridonov A.M., Kozachenko I.V. Gold-porphyric mineralization of the Kara ore knot in eastern Transbaikalia as a new type of auriferous mineralization in East Siberia. *Doklady Earth Sci.* 2009, vol. 427, no. 1, pp. 809–813. (In Russian).
10. Zorin Ju.A., Belichenko V.G., Rutshtejn I.G. i dr. Geo-dynamics of the western part of the Mongol-Okhotsk belt and the tectonic position of ore occurrences of gold in Transbaikalia. *Russian Geology and Geophysics*. 1998, vol. 39, no 11. pp. 104–112. (In Russian).
11. *The interpretation of geochemical data: a Training manual*. Ed. E.V. Skljárova. M., Intermet Inzhiniring Publ., 2001, 288 p. (In Russian).
12. Kitaev N.A. Geology, geochemistry and genetic features of the formation of gold ores of the Lyubavinsky ore field. *Russian Geology and Geophysics*. 1977, no 3, pp. 46–55. (In Russian).
13. Krivoluckaja N.A. Paragenetic associations of minerals and ore formation conditions of Klyuchevsky gold deposit (Eastern Transbaikalia, Russia). *Geology of ore Deposits*. 1997, no 4, pp. 344–361. (In Russian).
14. Peretjzhko I.S., Savina E.A. Tetrad — effects of granitoid rocks — a consequence of the processes of liquid incompressibility in fluorine-rich silicate melts. *Doklady Earth Sci.* 2010, vol. 433, no 4, pp. 524–529. (In Russian).
15. Svetova E.N., Svetov S.A., Danilevskaja L.A. Rare and rare-earth elements in quartz as indicators of mineral formation conditions. *Transactions of Karelian Research centre of Russian Academy of Science*. 2012, vol. 3, pp. 137–144. (In Russian).
16. Spiridonov A.M., Zorina N.A., Kitaev N.A. *Gold-Bearing ore-magmatic systems of Transbaikalia*. Academic publishing house «Geo». Novosibirsk. Publ., 2006, 291 p. (In Russian).
17. Jasygina T.A., Rasskazov S.V. Tetrad effect in rare earth element distribution patterns: Evidence from the Paleozoic granitoids of the Oka zone, Eastern Sayan. *Geochimistry International*. 2008, vol. 46, no.8, pp. 814–825. (In Russian).
18. Irber W. The lanthanide tetrad effect and correlation with K/Rb, Eu/Eu*, Sr/Eu, Y/Ho, and Zr/Hf of evolving peraluminous granite suites. *Geochim Cosmochim Acta*. 1999, V. 63, no (3/4), pp. 489–508.
19. Ridley J. R., Diamond L. W. Fluid chemistry of orogenic lode gold deposits and implications for genetic models. *Gold in 2000. — SEG Reviews*. 2000, V. 13, pp. 141–162.
20. Yang Q., Santosh M., Shen J., Li Sh. Juvenile vs. recycled crust in NE China: Zircon U–Pb geochronology, Hf isotope and an integrated model for Mesozoic gold mineralization in the Jiaodong Peninsula. *Gondwana Res*. 2014, V. 25, pp. 1445–1468.

ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПОИСКОВ И РАЗВЕДКИ

УДК 550.83

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ И ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ
НА ПРИМЕРЕ ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ГРУНТОВ СЕРГИЕВО-ПОСАДСКОГО РАЙОНА

В.В. РОМАНОВ¹, Д.С. ДАЕВ¹, Л.Е. ЧЕСАЛОВ², А.И. ПОСЕРЕНИН¹

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

*²ФГБУ «Гидроспецгеология»
4, Маршала Рыбалко ул., г. Москва 123060, Россия
e-mail: info@specgeo.ru*

Проведён анализ значений сейсмических, электрических и физико-механических свойств грунтов, а также удельного электрического сопротивления вод источников и водоёмов на Сергиево-Посадском полигоне МГРИ-РГГРУ, расположенном в водоразделах рек Пажа и Торгоша (южный склон Клинско-Дмитровской гряды). Данные получены в ходе исследований методами наземной инженерной геофизики — сейсморазведки и электроразведки. В результате уточнено геологическое строение разреза от поверхности земли до глубины 15 м, а также гидрогеологические условия полигона, были определены свойства грунтов как оснований для зданий и сооружений. С помощью специально подготовленного почвенного радиометрического планшета выявлено влияние радиоактивного вещества на состояние нижележащих грунтов.

Ключевые слова: геофизические методы; четвертичный период; метод преломлённых волн; электроразведка; вертикальное электрическое зондирование.

DOI:10.32454/0016-7762-2018-5-59-63

ESTIMATION OF GEOPHYSICAL AND PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES
ON THE EXAMPLE OF QUATERNARY SOILS OF SERGIEV POSAD DISTRICT

V.V. ROMANOV¹, D.S. DAEV¹, L.E. CHESALOV², A.I. POSERENIN¹

*¹Russian State Geological Prospecting University
23, Miklouho-Maklay's street, Moscow 117997, Russia*

*²Gidrospecgeologija
4, Marshala Rybalko street, Moskva 123060, Russia
e-mail: info@specgeo.ru*

The Sergiev Posad polygon of the MGRI-RSGPU is located on the watershed of the Pazha and Torgosha rivers located on the southern slope of the Klinsky-Dmitrovsky ridge; geologically, the upper part of its section is composed of clay soils of Quaternary and Cretaceous age. The paper gives an analysis of the values of seismic, electrical and physical and mechanical properties of soils, as well as resistivity of water sources and reservoirs. Main methods of near-surface geophysics allow obtaining this information. The performed methods made it possible to specify the geological structure of the first 15 meters of the section, to refine the hydrogeological conditions of the test site, to determine the properties of the grounds as bases for buildings and structures. Also, the effect of the radioactive substance on the state of the underlying soils has been established by means of a specially prepared soil radiometer plate.

Keywords: geophysical methods; Quaternary period; refracted wave method; resistivity survey; vertical electric sounding.

Сергиево-Посадский район расположен в южной части Московской синеклизы, на склоне Клинско-Дмитровской гряды — геоблока первого ранга. Наиболее возвышенные междуречья (водоразделы) Клинско-Дмитровской гряды являются возможными реликтами денудационной поверхности выравнивания позднепалеогенового возраста [2].

Территория исследований находится на водоразделе рек Торгоша и Пажа — притоков р. Воря [12]. Геофизические условия верхней части разреза до кровли верхнемеловых песков и суглинков (турон — коньяк) в течение нескольких десятилетий изучались в ходе второй учебной геофизической практики студентов МГРИ-РГГРУ и научно-исследовательских работ преподавателей на Сергиево-Посадском полигоне.

Изучаемый разрез сложен (сверху-вниз): маломощным (1—1,5 м) слоем покровных суглинков (pr Q_{III}) верхнего неоплейстоцена, горизонтами московских (g Q_{IImsk}) и днепровских (g Q_{II dn}) морённых суглинков среднего неоплейстоцена, неразделенных флювиогляциальными отложениями [4]. Ниже залегает толща отложений верхнего мела (K₂). Общая мощность четвертичных отложений 15 м.

В гидрогеологическом отношении район полигона относится к Московскому артезианскому бассейну. На территории широкое развитие получили верховодка и спорадические горизонты грунтовых вод. Грунты, слагающие разрез, здесь отличаются достаточно высокой надёжностью в основании сооружений [4].

С помощью геофизических методов (сейсморазведки, электроразведки, радиометрии) необходимо было уточнить геологическое строение, определить физические и физико-механические свойства грунтов верхней части разреза, гидрогеологические условия.

Максимально информативными на территории полигона оказались методы сейсморазведки и

электроразведки. По измеренным скоростям продольных и поперечных волн были вычислены физико-механические свойства — динамические упругие модули, пористость, сцепление.

Методика геофизических работ

Сейсморазведочные исследования выполнялись методом преломлённых волн (МПВ) [7]. В качестве источника колебаний использовались удары тяжёлой кувалдой по металлической подложке с накоплением и вычитанием разнонаправленных горизонтальных воздействий в случае возбуждения поперечных волн [8]. Прямые и преломленные волны регистрировались сейсморазведочной 24-канальной станцией Диоген 24/14 при помощи расстановки длиной 46 м. Полученные цифровые сейсмограммы были обработаны с помощью программы SeisShall¹. При помощи алгоритма Кондратьева, подробно описанного в [1], годографы первых вступлений преобразовывались в непрерывные (томографические) распределения скоростей сейсмических волн (сейсмические разрезы), которые интерпретировались на основании данных разведочного бурения и шурфования. Итогом интерпретации являлись геосейсмические разрезы [10].

Из радиометрических методов на территории полигона использовалась наземная и шпуровая гамма-съемки, выполняемые сцинтилляционными радиометрическими геологоразведочными приборами СРП-68-01 и СРП-68-03 соответственно (производство — АО «Геологоразведка»). Приборы предназначены для наземной гамма-съемки и гамма-каротажа неглубоких (1—2 м) скважин (шпуров). Работы проводились на подготовленном радиометрическом планшете, где почвенный слой содержал радиоактивные компоненты. Наземная съемка выполнялась для качественной оценки интенсивности гамма-излучения и выделения участ-

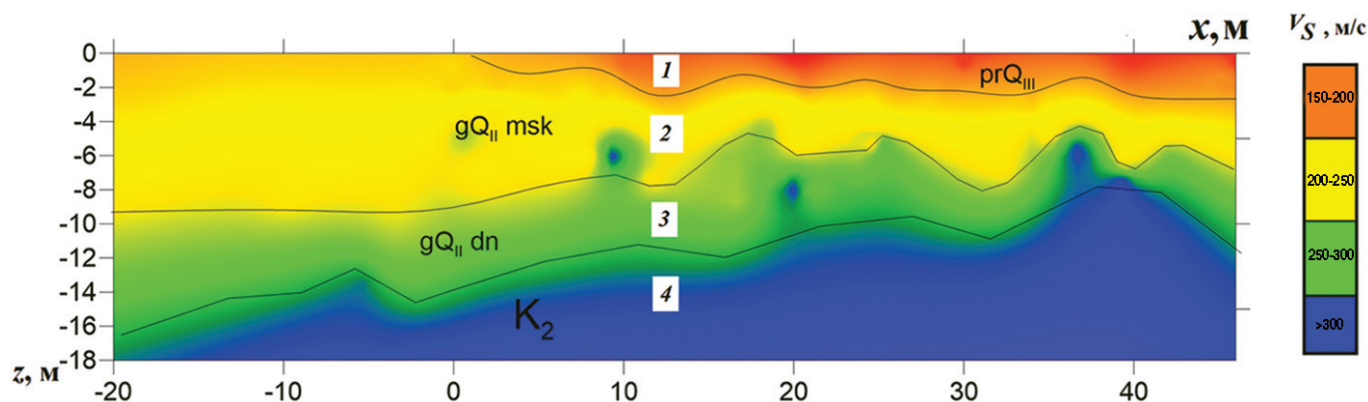


Рис. 1. Геосейсмический разрез: 1 — слой покровных суглинков, 2 — слой гляциальных суглинков московского горизонта, 3 — слой гляциальных суглинков днепровского горизонта, 4 — отложения верхнего мела

¹ Перечень свидетельств о государственной регистрации программ для ЭВМ в Реестре программ для ЭВМ ФИПС (2016 год): <http://www.geoelectric.ru/ipi2win.htm>, дата обращения 10.08.2018.

ков с повышенным гамма-излучением (аномалий), шпуровая — для получения количественной информации по данному параметру. Оценка интенсивности аномалий гамма-излучения выполнялась с учётом всех предъявляемых требований [11].

Для проведения шпуровой гамма-съемки выбиралась точка на планшете, имеющая наибольшее значение интенсивности гамма-излучения. Затем определялось положение детектора путём перемещения зонда вдоль контрольного источника (по шпuru с шагом 10 см).

Из методов электроразведки применялось стандартное и круговое вертикальное электрическое зондирование (ВЭЗ и КВЭЗ), симметричное электропрофилеирование (СЭП), резистивиметрия водоемов и источников. Для выполнения ВЭЗ и СЭП применялся электроразведочный прибор «Электротест-2рм» и традиционная симметричная установка Шлюмберже с полуразносом питающих электродов (АВ) до 25 м [6]. Обработка и интерпретации данных ВЭЗ выполнялась в программе IPI2WIN² качественный анализ КВЭЗ и СЭП производился в программе Excel.

Для выполнения резистивиметрии применялся кондуктометр СОМ-100. Вода забиралась при помощи пластикового стаканчика, измерения выполнялись непосредственно в полевых условиях (удельная электропроводность (мкСм/см) и температура). Электроразведочные исследования выполнялись для уточнения геологического строения и гидрогеологических условий.

Результаты исследования

Отличительной особенностью изучаемого разреза, с позиций рационального использования комплекса геофизических методов, является его литологическая однородность (гляциальные и пергляциальные суглинки), плавное изменение физических свойств по вертикали и по латерали, глубокое залегание зеркала грунтовых вод (18–20 м), характерное для водоразделов [3].

Результатом сейсморазведочного исследования стали геосейсмические разрезы по продольным и поперечным волнам (рис. 1).

На разрезах прослежены сейсмические границы, найдены их средние глубины H , м; определены мощности слоёв h , м, и распределение интервальной скорости продольных V_p , м/с, и поперечных волн V_s , м/с, в слоях. На глубине около 8 м зафиксировано зеркало сезонной «висячей» верховодки, на что указывает скорость продольных волн, превышающая 1500 м/с в дисперсных грунтах [9]. По образцам грунта из стенок шурфов, пройденных на сейсморазведочных профилях, была установлена

Таблица 1

Результаты анализа данных сейсморазведки

Номер слоя	Горизонт	h , м	H , м	γ , г/см ³	V_s , м/с	V_p , м/с
1	prQ _{III}	1,5	1,5	1,5–1,6	150–200	500–600
2	gQ _{IImsk}	4,5	6,0	1,9–2,1	200–250	600–1000
3	gQ _{II dn}	5,0	11,0	2,1–2,2	250–300	1400–2500

Таблица 2

Результаты расчёта физико-механических параметров

Номер слоя	Горизонт	μ	G , МПа	E , МПа	C , кПа	n , %
1	prQ _{III}	0,40–0,48	25–70	80–190	1–3	50–60
2	gQ _{IImsk}	0,39–0,47	100–170	280–500	4–7	40–50
3	gQ _{II dn}	0,44–0,47	200–1400	620–4000	8–52	20–40

плотность γ , г/см³, четвертичных отложений различного генезиса и возраста (табл. 1).

По полученным данным были вычислены динамические упругие константы — коэффициент Пуассона μ , модуль сдвига G , МПа, и Юнга E , МПа, а также сцепление C , кПа, и пористость n , %. Для расчёта брались уравнения связи геофизических и физико-механических параметров, фундаментальные (в случае упругих констант) или обладающие наибольшей степенью корреляции и универсальностью (табл. 2).

По результатам сейсморазведочного исследования была построена трёхслойная сейсмогеологическая модель с тремя нерезкими преломляющими границами, которые были сопоставлены с кровлями разновозрастных моренных суглинков и песчано-глинистыми отложениями верхнего мела. Для каждого слоя установлены сейсмические и физико-механические свойства — скорости, упругие модули, сцепление и пористость. Все определённые свойства имеют тенденцию увеличения с глубиной. Исключение составляет лишь коэффициент Пуассона, который практически одинаков во всех слоях разреза. Полученное распределение отражает общую тенденцию в верхней части разреза, которая выражается в росте с глубиной плотности, влажности, а также связанных с ними сейсмических (V_p , V_s) и физико-механических свойств (μ , G , E , C и n). Кроме того, с глубиной закономерно уменьшается пористость грунтов, что объясняется возрастанием литостатического давления.

Наибольшее количество информации о геоэлектрических свойствах разреза было получено при помощи вертикального электрического зондирования. Полевые кривые ВЭЗ в большинстве точек измерения относились к типу «Q», что соответствует трём слоям с постепенным уменьшением удельного электрического сопротивления УЭС, ρ , Ом · м. По-

² Комплекс IPI-1D — одномерная профильная интерпретация данных ВЭЗ и ВЭЗ-ВП. <http://www.geoelectric.ru/ipi2win.htm>, дата обращения 10.08.2018.

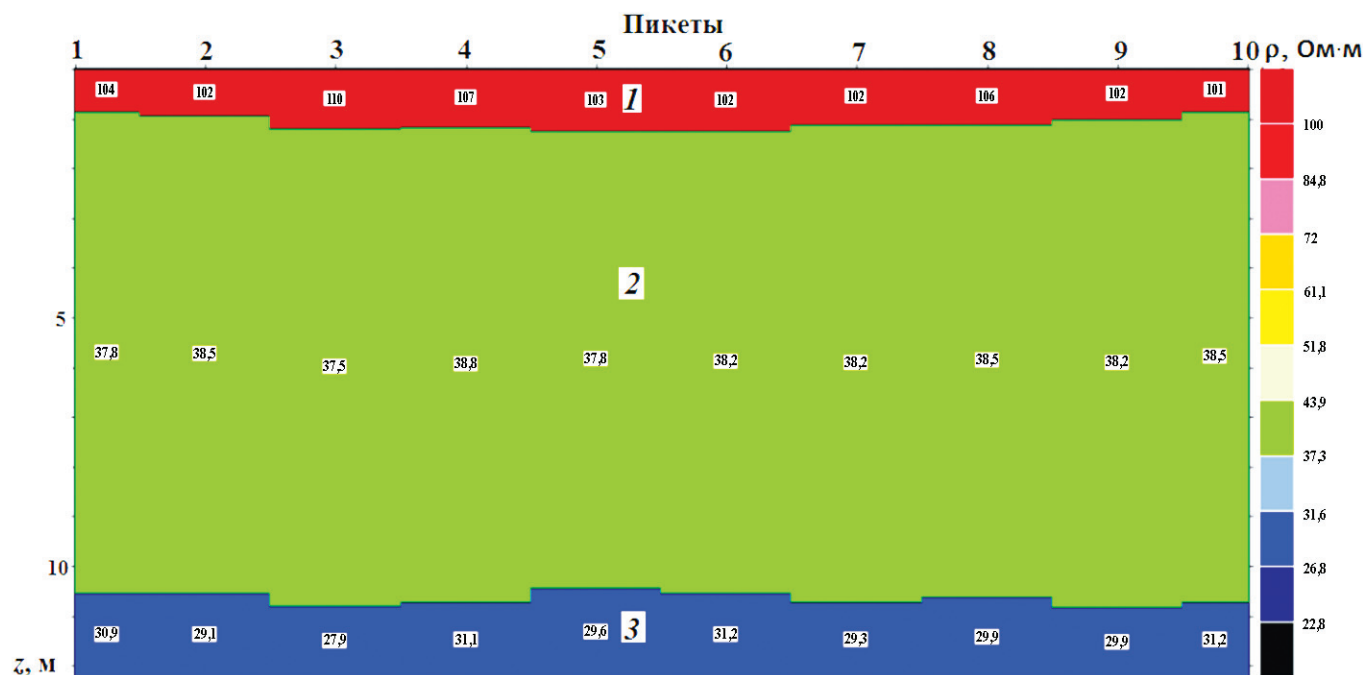


Рис. 2. Геоэлектрический разрез; 1—3 — слои: 1 — покровных суглинков, 2 — гляциальных суглинков московского горизонта, 3 — гляциальных суглинков днепровского горизонта

лученный геоэлектрический разрез (рис. 2.) позволил разделить верхнюю часть разреза на три относительно однородных слоя с различным УЭС.

Первый слой геоэлектрического разреза характеризуется повышенным УЭС (100 Ом·м) и сопоставляется с почвой и частью толщи покровных суглинков. Моренные суглинки по данным электроразведки не разделяются и прослеживаются как единая однородная толща с УЭС около 40 Ом·м. Отложения верхнего мела характеризуются наименьшим УЭС — 20 Ом·м. Высокие значения УЭС покровных суглинков объясняются их небольшой влажностью. В целом влажность грунтов возрастает с переходом от покровных суглинков к моренным, а затем к отложениям верхнего мела.

Анализ круговых ВЭЗ показал отсутствие выраженной анизотропии геоэлектрических свойств в изучаемой толще. Данные СЭП также не выявили значимых изменений УЭС по латерали, кроме отдельных низкоомных аномалий на заболоченных участках.

Любопытные результаты дала резистивиметрия. Удельное сопротивление в образцах воды, полученных в шурфах и искусственных водоёмах, составило 100—200 Ом·м, что говорит о низкой минерализации, характерной для атмосферных осадков. Этот факт указывает на отсутствие притока подземных вод к большинству водоёмов на территории полигона [5]. В родниках и водоёмах, подпитываемых подземными водами, УЭС фиксировалось на уровне 20—50 Ом·м, в заболоченных водоёмах 7—10 Ом·м.

По данным шпуровой гамма-съёмки установлено, что первые 2 м разреза на радиоактивном план-

шете подразделяются на два слоя. Первый представлен почвой и покровными суглинками, интенсивность гамма-излучения этого слоя составила в среднем 260 мкР/ч. Второй слой представлен гляциальными суглинками, с мощностью более 2,5 м. Интенсивность в этом слое меняется от 6 до 8 мкР/ч, что является фоновым значением для гамма-излучения.

Особенностью изучаемого разреза является его однородность (гляциальные и пергляциальные суглинки), плавное изменение физических свойств по вертикали и в латеральном направлении, глубокое залегание зеркала грунтовых вод (18—20 м), характерное для водоразделов [3].

Выводы

Всестороннее изучение четвертичных отложений на территории Сергиево-Посадского полигона геофизическими методами позволило установить, что наибольшей разрешающей способностью по уточнению геологического строения верхней части разреза в районе работ обладает сейсморазведочные методы преломлённых поперечных и продольных волн. Отсутствие резких сейсмических границ в исследуемой толще было учтено с помощью выбора алгоритма обработки годографов первых вступлений на основе способа Кондратьева.

Использование сейсморазведочных методов позволило выделить все слои суглинков различных возрастов и генезиса на глубину до 15 м, а также установить значения их физико-механических свойств в естественном залегании. Также выявлено, что коэффициент Пуассона не может считаться надёжным признаком состояния грунта при изуче-

нии толщ, аналогичных изученной. Картирование грунтовых вод на водоразделах затруднено из-за значительной глубины залегания их уровня, однако в ряде случаев при помощи продольных волн удавалось выделить сезонную верховодку в слабопроницаемых суглинках.

По данным электроразведки было уточнено состояние выделенных сейсморазведкой слоёв, однако разрешающая способность ВЭЗ оказалась ниже.

Из-за малой мощности слоя сезонная верховодка прослежена не была. Использование методов СЭП и КВЭЗ на объекте оказалось неэффективным. С помощью резистивиметрии было установлено, что питание водоёмов на территории Сергиево-Посадского полигона поверхностное — дождевое и снеговое. За исключением почвенного слоя на искусственно созданном радиометрическом планшете, грунты полигона практически не радиоактивны.

ЛИТЕРАТУРА

1. Герасимов О.В., Простов С.М. Изучение процессов укрепления неустойчивых грунтов оснований сооружений сейсмическим методом // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2006. № 6-1 (57). С. 15—19.
2. Григорьева С.В. Закономерности типизации геодинамических систем Сергиево-Посадского опорного участка и определение его структурной позиции // Сергеевские чтения. Инженерная геология и геоэкология. Фундаментальные проблемы и прикладные задачи Юбилейная конференция, посвященная 25-летию образования ИГЭ РАН/ Ответственный редактор В.И. Осипов. М., 2016. С. 605—609.
3. Зайдельман Ф.Р., Никифорова А.С., Степанцова Л.В., Красин В.Н., Сафронов С.Б. Эколого-гидрологические и генетические особенности черноземовидных почв замкнутых западин севера Тамбовской низменности // Почвоведение. 2008. № 2. С. 198—213.
4. Калинин М.А. Современное геоэкологическое состояние ландшафтов Клино-Дмитровской гряды в пределах Московской области (на примере особо охраняемых природных территорий) // Сборник научных статей преподавателей и аспирантов по итогам Международной научной конференции молодых учёных, аспирантов и студентов «Наука на благо человечества — 2017» / Ответственный редактор и составитель Е.А. Певцова. Москва. 2017. С. 25—30.
5. Калинин В.В., Казак А.В., Старовойтов А.В. Результаты комплексных геофизических исследований при решении геоэкологических задач на примере Новодевичьих прудов // Геоэкология, инженерная геология, гидрогеология, геохронология. 2008. № 6. С. 558—568.
6. Каринский А.Д., Даев Д.С., Мазитова И.К. Математическое моделирование С-эффекта и Р-эффекта в методах сопротивлений электроразведки // Геофизика. 2014. № 1. С. 36—45.
7. Крылатков С.М., Крылаткова Н.А., Крылевская А.Н., Гуськова В.Д. Сейсмические изображения геологической среды в методе преломленных волн // Фундаментальные исследования. 2015. № 2 (часть 24). С. 5409—5415.
8. Романов В.В. Изучение толщи четвертичных отложений Подмосковья инженерной сейсморазведкой // Геофизика. 2014. № 3. С. 41—48.
9. Романов В.В., Гапонов Д.А. Применение инженерной сейсморазведки при изучении грунтовых вод в глинистых грунтах // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки. 2014. № 6 (184). С. 52—59.
10. Романов В.В., Иванов А.А., Кауркин М.Д. Инженерная сейсморазведка при изучении полигонов ТБО // Сергеевские чтения. Научная конференция в рамках IX Международного форума «Экология»: Материалы годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии. М., 2018. С. 142—146.
11. Романов В.В., Посеренин А.И., Мальский К.С. Метрология, стандартизация и сертификация. Учебное пособие. М., 2015. 120 с.
12. Фисун Н.В. Гидрогеологические особенности сеноман-альбского водоносного горизонта в междуречье рек Пажа и Торгоша (Сергиево-Посадский район Московской области) // Известия вузов. Геология и разведка. 2018. № 2. С. 45—50.

REFERENCES

1. Gerasimov O.V., Prostov S.M. The study of the processes of strengthening the unstable soils of the foundations of structures by the seismic method. *Bulletin of the Kuzbass State Technical University*, 2006, no. 6-1 (57), pp. 15—19. (In Russian).
2. Grigor'eva S.V. Patterns of typification of geodynamic systems of the Sergiev-Posad reference site and the determination of its structural position. *Sergeyev readings. Engineering geology and geoecology. Fundamental problems and applied problems Jubilee conference dedicated to the 25th anniversary of the IGE RAS*, 2016, pp. 605—609. (In Russian).
3. Zajdel'man F.R., Nikiforova A.S., Stepancova L.V., Krasin V.N., Safronov S.B. Ecological, hydrological and genetic features of chernozem-like soils in closed depressions of the north of the Tambov Lowland. *Soil science*, 2008, no. 2, pp. 198—213. (In Russian).
4. Kalinin M.A. The current geoecological state of the Klin-Dmitrov ridge landscapes within the Moscow region (on the example of specially protected natural areas). *Collection of scientific articles of teachers and graduate students on the results of the International Scientific Conference of young scientists, graduate students and students «Science for the good of mankind — 2017»*. M., 2017, pp. 25—30. (In Russian).
5. Kalinin V.V., Kazak A.V., Starovojtov A.V. Results of complex geophysical studies in solving geoecological problems on the example of Novodevichy ponds. *Geoecology, engineering geology, hydrogeology, geocryology*, 2008, no 6, pp. 558—568. (In Russian).
6. Karinskij A.D., Daev D.S., Mazitova I.K. Mathematical modeling of the C-effect and the P-effect in the methods of electrical resistance. *Geophysics*, 2014, no. 1, pp. 36—45. (In Russian).
7. Krylatkov S.M., Krylatkova N.A., Krylevskaja A.N., Gus'kova V.D. Seismic images of the geological environment in the method of refracted waves. *Basic research*, 2015, no. 2(part 24), pp. 5409—5415. (In Russian).
8. Romanov V.V. Study of the Quaternary sediments in the suburbs of engineering seismic. *Geophysics*, 2014, no. 3, pp. 41—48. (In Russian).
9. Romanov V.V., Gaponov D.A. The use of engineering seismic in the study of groundwater in clay soils. *Proceedings of higher educational institutions. North Caucasus region. Series: Natural Sciences*, 2014, no. 6 (184), pp. 52 — 59. (In Russian).
10. Romanov V.V., Ivanov A.A., Kaurkin M.D. Engineering seismic when studying landfills. *Sergeyev readings. Scientific conference in the framework of the IX International Forum «Ecology»: Materials of the annual session of the Scientific Council of the Russian Academy of Sciences on the problems of geo-ecology, engineering geology and hydrogeology. Scientific Council of RAS on the problems of geoecology, engineering geology and hydrogeology*, M., 2018, pp. 142—146. (In Russian).
11. Romanov V.V., Poserenin A.I., Mal'skij K.S. *Metrology, standardization and certification*. Tutorial. M., 2015, 120 p. (In Russian).
12. Fisun N.V. Hydrogeological features of the Cenomanian-Albian aquifer in the interfluvium of the Pazha and Torgosh rivers (Sergiev-Posad district, Moscow region). *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Geologiya i razvedka — [Proceedings of higher educational establishments. Geology and Exploration]*, 2018, no. 2, pp. 45—50. (In Russian).

ГЕОЭКОЛОГИЯ

УДК 504.064

**МОНИТОРИНГ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД И ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ
НА ТЕРРИТОРИИ РАСПОЛОЖЕНИЯ ОБЪЕКТОВ ТРАНСПОРТА ГАЗА
В КРИОЛИТОЗОНЕ**

С.Д. ГАНОВА, О.В. СКОПИНЦЕВА

*ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет имени С. Орджоникидзе»
23, Миклухо-Маклая ул., Москва 117997, Россия
e-mail: ganova_s@mail.ru, skopintseva54@mail.ru*

Представлена программа наблюдений поверхностных вод и донных отложений, между которыми существует непосредственная связь, в соответствии с существующими нормативными требованиями: определение расхода и уровня геохимического загрязнения рек и крупных озёр вследствие процессов растворения, миграции и накопления химических веществ в местах собственно водозабора, в фоновых и контрольных створах водных объектов; Поскольку мониторинг поверхностных вод и донных отложений является частью геоэкологического мониторинга, который носит комплексный характер, необходимо отразить целесообразность проведения работ и их объективность. Помимо этого, он должен быть достаточным, а получаемая в ходе наблюдений информация должна быть унифицирована в удобный для потребителя вид, что предполагает систематизацию полученных сведений, обработку данных, формирование информационных банков. При проектировании сети пунктов мониторинга на исследуемой территории реализуется принцип, вытекающий из определения категории устойчивости геоэкологических систем: при прочих одинаковых условиях пункты мониторинга должны размещаться в местах, характеризующихся низкими баллами устойчивости, в границах зон воздействия объектов высокой степени экологической опасности.

Ключевые слова: геоэкологический мониторинг; мониторинг поверхностных вод и донных отложений; природно-техническая геоэкологическая система; объекты транспорта газа; криолитозона.

DOI:10.32454/0016-7762-2018-5-64-68

**MONITORING OF SURFACE WATER AND BOTTOM SEDIMENTS AT THE AREA
OF THE GAS TRANSPORTATION OBJECTS IN THE CRYOLITHOZONE**

S.D. GANOVA, O.V. SKOPINTSEVA

*Russian State Geological Prospecting University
23, Miklouho-Maklay's street, Moscow 117997, Russia
e-mail: ganova_s@mail.ru, skopintseva54@mail.ru*

This paper presents a program of observation of the surface water and bottom sediments. In accordance with existing regulatory requirements, these elements are directly connected, which allows determination of the water loss and the level of geochemical contamination of rivers and large lakes due to dissolution, migration and accumulation of chemicals in the proper water intake areas, in background and in control points of water bodies. Since monitoring of the surface waters and of the bottom sediments is a part of the complex geoecological monitoring, it is necessary to reflect the feasibility of the work and, accordingly, its objectivity. In addition, results should be reliable and complete, and information received during the observations should be presented in a manner that is convenient for the consumer, which requires additional steps of systematization of the information obtained, data processing and formation of the information banks. When designing a network of monitoring points in the study area, we should follow the same principle that is used for determination of sustainability category of geoecological systems: with other identical conditions, monitoring points should be located in places characterized by low levels of stability and within the zones of exposure to high environmental risk objects.

Keywords: geoecological monitoring; surface water and bottom sediment monitoring; natural and technical geoecological system; gas transportation facilities; cryolithic zone.

Для оценки состояния территорий расположения объектов транспорта газа в криолитозоне требуется создание системы геоэкологического мониторинга территорий расположения объектов транспорта углеводородов, поскольку она не только обеспечивает слежение за состоянием актуальной природно-технической геоэкологической системы (ПТГЭС), но и позволяет с заданной периодичностью выполнять прогнозы изменения состояния геоэкологической обстановки и оперативно принимать решения и рекомендации по управлению ПТГЭС.

Поскольку пространственно-временная структура геоэкологического мониторинга среды определяется целью управления, режимом эксплуатации, а также геоэкологическими условиями, обуславливающими характер и интенсивность взаимодействия между различными типами сооружений и окружающей средой, то при создании мониторинга территорий расположения объектов транспорта углеводородов необходимо прежде всего оценить геоэкологические условия территории и проанализировать техногенную нагрузку вдоль трассы газопроводов и в пределах промышленных площадок. На основе сопоставления полученной информации составляется прогноз взаимодействия окружающей среды и инженерных сооружений вдоль всей трассы и разбивается наблюдательная сеть мониторинга в соответствии с рассмотренной общей методикой организации системы геоэкологического мониторинга [1, 4, 11].

Основные принципы определения местоположения пунктов геоэкологического мониторинга (ГЭМ) включают выбор оптимальной сети пунктов, точек, маршрутов наблюдений, которые в целом определяются на основе сведений о геоэкологической опасности объектов газового промысла, анализа геоэкологической структуры исследуемой территории, вероятных путей и способов переноса загрязнений как внутри участка, так и от соседних объектов воздействия.

При проектировании сети пунктов мониторинга на исследуемой территории реализуется следующий принцип, вытекающий из определения категории устойчивости геоэкологических систем: при прочих равных условиях пункты мониторинга должны размещаться в местах, характеризующихся низкими баллами устойчивости, в границах зон воздействия объектов высокой степени экологической опасности.

Выделяются два основных направления проведения работ по геоэкологическому мониторингу:

1. Наблюдения за источниками негативного влияния на компоненты окружающей среды.
2. Проведение исследований состояния природных сред и природных ресурсов.

Однако система ГЭМ является комплексной, поэтому в качестве его подсистем можно выделить

простые системы мониторинга по основным элементам окружающей среды при условии, что они рассматриваются обязательно во взаимосвязях [3, 10, 14].

Программа наблюдений *поверхностных водоёмов* территории включает отбор проб воды в намеченных пунктах мониторинга, что позволяет осуществлять оперативное слежение за качеством вод — отделять внешние (трансграничное загрязнение) и обнаруживать внутренние факторы воздействия. Главная цель проводимых наблюдений заключается в определении уровня геохимического загрязнения рек и крупных озёр вследствие процессов растворения, миграции и накопления химических веществ, попадающих в воды из атмосферного воздуха, при таянии снежного покрова, с поверхности с дождевыми, грунтовыми и сточными водами [5].

Все виды гидрологических работ выполняются в соответствии с требованиями «Наставлений гидрометеорологическим станциям и постам» [12].

Основными методами наблюдений за техногенным изменением состояния поверхностных вод являются гидрометрический и геохимический.

Контроль сточных и поверхностных вод при осуществлении мониторинга на объектах газовой промышленности включает наблюдения за [2]:

расходом, составом и свойствами сточных вод на входе и выходе с очистных сооружений, а в случае необходимости — по стадиям очистки;

расходом, составом и физико-химическими свойствами воды в местах собственно водозабора;

составом и физико-химическими свойствами воды в фоновых и контрольных створах водных объектов-приемников сточных вод;

показателями качества поверхностных вод в местах производства работ, связанных с перемещением и изъятием донных грунтов;

эффективностью осуществления мероприятий на объекте по рациональному использованию и охране водного фонда от загрязнения.

Расходы (объёмы) забираемой, используемой воды и сточных вод контролируются на соответствие установленным для предприятия лимитам забора и сброса воды и нормативам качества воды.

Расположение пунктов контроля состояния поверхностных вод выбирается с учётом процессов переноса и пространственной ориентации источников загрязнения исследуемого водотока. На водоёмах пункт контроля качества воды устанавливается у берега со стороны очага возможного загрязнения [9]. На водотоках должно быть не менее двух пунктов контроля — выше и ниже границы очага возможного загрязнения [6, 8].

Если источник размещается на удалении от водотока, то отсчёт контрольного расстояния ведут от нижнего створа участка, куда наиболее вероятно попадание большого количества загрязняющих веществ с талыми, дождевыми водами или при раз-

грузке грунтовых вод в меженные периоды. В каждом створе на водотоке устанавливается одна вертикаль (на стержне водотока) и один горизонт на ней [13]. На водоёмах пункт контроля качества воды предусматривается располагать у берега со стороны очага возможного загрязнения.

Пункты контроля закладываются на 500 м выше по течению от места пересечения с газопроводом или конденсатопроводом для определения фоновых показателей и на 500 м ниже по течению для определения контрольных замеров. Возможно заложение дополнительных контрольных пунктов в местах впадения ручьев, находящихся в зоне вероятного загрязнения, особенно площадок установки комплексной подготовки газа и дожимной компрессорной станции.

Рекомендуемая схема выполнения гидрохимических анализов включает следующие объёмы работ:

ежемесячно (для учета более «высокочастотных» составляющих колебаний загрязнения, которые часто генерируются антропогенными воздействиями) определяется содержание в воде нефтепродуктов, хлоридов и кислорода;

ежеквартально (для учёта сезонной изменчивости контролируемых показателей) определяются концентрации взвешенных веществ, азота аммония, азота нитратов, азота нитритов, фосфатов, хлоридов, сульфатов, нефтепродуктов, железа, СПАВ, меди, фенолов, а также pH, сухой остаток, кислород, общая жесткость, органолептические показатели, биологическое и химическое потребление кислорода. Отбор проб из поверхностных водоёмов производится в соответствии с ГОСТ 17.1.5.05-85 [7].

Кроме гидрохимических, обязательная программа геоэкологического мониторинга предусматривает установление следующих показателей:

гидрологических: расход воды, скорость течения, уровень зеркала воды (ежемесячно);

гидробиологических: контроль по фитопланктону, зоопланктону, зообентосу, перифитону, макрофитам, включающий определение общей численности организмов, общего числа видов, общей биомассы, численности и биомассы основных групп, числа и численности видов в группе, массовых видов и видов-индикаторов сапробности (наименование, процент от общей численности). Также отслеживаются все основные звенья трофической цепи водоема. Поскольку рыба в данном случае является конечным звеном, в программу мониторинга один раз в год включаются наблюдения за видовым составом ихтиоценоза, изменением его качественных и количественных характеристик. При этом наблюдения по биологическим показателям допускается проводить только на водоёмах, имеющих важное народно-хозяйственное значение, а также в пунктах, где при рекогнос-

цировочном обследовании выявлены наиболее заметные изменения состояния сообществ водных организмов.

В *донных отложениях* параллельно с другими видами гидрологических наблюдений, обязательному определению (два раза в год) подлежат нефтепродукты, железо, свинец, марганец, ртуть, мышьяк, цинк, хром, никель, медь, 2,4-бенз(а)пирен, СПАВ.

Определение валового и покомпонентного составов донных отложений, их кислотно-щелочного показателя и окислительно-восстановительного потенциала производится в стационарных лабораториях отдельно для твёрдой и жидкой фаз методами спектрального анализа и газохроматографии.

При аварийных сбросах загрязняющих веществ в водные объекты производится учащенный, по времени и пространству, отбор проб воды и донных отложений. Пробы отбираются в месте непосредственного попадания токсиканта в водный объект, в пунктах на 250 и 500 м ниже по направлению движения загрязнённой водной массы и в точке, где визуально шлейф загрязненной воды не прослеживается. Подобный отбор повторяется в завершающей стадии ликвидации аварии и через неделю после полного устранения её последствий. При больших масштабах аварии ведутся ежедневные наблюдения за мигрирующим пятном загрязнённой воды с отбором проб воды и донных отложений в его центре и по краям пятна в течение 3—5 сут.

При проведении всех вышерассмотренных видов наблюдений обязательно фиксируется состояние водной поверхности контролируемого водного объекта (наличие плёнки, запаха, необычного цвета, плавающего мусора и т. д.)

Помимо постоянных наблюдений состояния (качества) водной среды, программой мониторинга предусматриваются эпизодические наблюдения за экологическим состоянием водных объектов, которые проводятся один раз в три—пять лет, на основе аэровизуального обследования и аэрофотосъёмки всех объектов газотранспортной промышленности в масштабе 1 : 5000.

При обнаружении значительных антропогенных изменений водных объектов, последовавших в результате техногенных воздействий, весьма желательно включение названных объектов в систему постоянных наблюдений.

В заключение необходимо отметить, что разработка конкретного проекта наблюдений, включающая выбор объектов мониторинга, определение контролируемых параметров, средств и методов контроля, постановка конечных целей и практическая реализация намеченного проекта осуществляются исходя из следующих основополагающих принципов:

1. *Комплексный характер мониторинга.* Наблюдения за окружающей средой должны охватывать все природные среды (воздушный бассейн, водную

среду, рельеф поверхности, грунтовую толщу и биологические ресурсы). Необходимость этого объясняется спецификой производственного процесса по эксплуатации объектов транспорта углеводородов, создающего достаточно объёмную промышленную инфраструктуру, с одной стороны, с широким спектром взаимодействия с окружающей средой, с другой — наличием тесных геоэкологических связей между природными компонентами, когда изменения одного из них неизбежно влекут изменения другого.

2. *Объективность выполняемых работ.* Соблюдение указанного принципа отражает целесообразность проведения работ. Получаемая информация должна быть достоверной и адекватно отражать происходящие изменения, что в конечном итоге расширяет области её возможного применения (выстраивание сети регионального мониторинга, разработка природоохранных мероприятий, внедрение эффективных управляющих решений и т. д.).

Обеспечение объективности достигается на организационном и практическом уровне проведения работ по мониторингу (использование утвержденных или общепринятых методик сбора, обработки и накопления информации, применение инструментария, в том числе лабораторного оборудования, и др.).

3. *Репрезентативность мониторинга.* Помимо того что мониторинг должен быть комплексным и носить характер объективных исследований, он должен быть достаточным, т. е. собираемые данные должны давать полное представление и информировать о всех происходящих процессах в природно-технических геоэкологических системах (ПТГЭС). Достаточность мониторинга обеспечивается объёмом проводимых исследований (количественный аспект) и правильностью выбора пунктов, маршрутов или точек мониторинга (качественный аспект). Планирование размещения наблюдательной сети необходимо осуществлять исходя из состава и пространственного размещения промышленных объектов, а также природно-территориальных условий.

Кроме того, полнота собираемых сведений обеспечивается использованием одновременно различных приёмов и методов наблюдений: дистанционное зондирование, визуальное обследование, инструментальные замеры.

4. *Результативность мониторинга.* Получаемая в ходе наблюдений информация должна быть унифицирована в удобный для потребителя вид, что предполагает систематизацию полученных сведений, обработку данных, формирование информационных банков.

ЛИТЕРАТУРА

- Бондарик Г.К., Пендин В.В., Ярг Л.А. Инженерная геодинамика. М.: КДУ, 2009. 440 с.
- ВРД 39-1.13-081-2003. Система производственного экологического мониторинга на объектах газовой промышленности. Правила проектирования. М.: ИРЦ Газпром, 2003. 44 с.
- Ганова С.Д., Пендин В.В. Геоэкологический мониторинг территорий расположения объектов транспорта газа в криолитозоне. М.: ОАО «ПНИИИС», 2009. 226 с.
- Госсен Л.П., Величкина Л.М. Экология нефтегазового комплекса. Томск: Изд-во ТГУ, 2007. 184 с.
- Гольдберг В.М., Зверев В.П., Арбузов А.И. Техногенное загрязнение природных вод углеводородами и его экологические последствия. М.: Наука, 2001. 186 с.
- ГОСТ 17.1.3.13-86 Охрана природы (ССОП). Гидросфера. Общие требования к охране поверхностных вод от загрязнения. М.: Изд-во стандартов, 1986. 12 с.
- ГОСТ 17.1.5.05-85. Общие требования к отбору проб поверхностных и морских вод и атмосферных осадков. М.: Изд-во стандартов, 1985. 6 с.
- ГОСТ 17.1.3.12-86. Общие правила охраны вод от загрязнения при бурении и добыче нефти и газа на суше. М.: Изд-во стандартов, 1986. 16 с.
- ГОСТ 19179-73. Гидрология суши. Термины и определения. М.: Изд-во стандартов, 1973. 5 с.
- Камышев Е.Г. Методы и технологии мониторинга природно-технических систем севера Западной Сибири. М.: ДАО «ВНИПИгаздобыча», 1999. 203 с.
- Мерзотоведение: учебное пособие / В.В. Пендин, В.О. Подборская, Т.П. Дубина. Издание 2-е, исправленное. СПб — М. — Краснодар: Лань, 2017. 170 с.
- Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Вып. 7. Часть II. Л.: Гидрометеиздат, 1972. 225 с.
- СанПиН 2.1.5.980-00. Водоотведение населенных мест, санитарная охрана водных объектов. Гигиенические требования к охране поверхностных вод: Санитарные правила и нормы. М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2000. <http://legalacts.ru/doc/sanpin-215980-00-215-vodootvedenie-naselennykh-mest-sanitarnaja/>, дата обращения 15.08.2018.
- Ядзинская М.Р., Соловьева И.В., Галиахметова А.В., Бахарева Н.С. Оценка инженерно-геологических условий в районах распространения многолетнемерзлых грунтов (ММГ)// Геология и полезные ископаемые Западного Урала. Пермь: Изд-во: Пермского государственного национального исследовательского университета. 2011, № 11, С. 178–179.

REFERENCES

- Bondarik G.K., Pendin V.V., Yarg L.A. *Engineering Geodynamics*. M., KDU Publ, 2009, 440 p.
- WFD 39-1.13-081-2003. *System of industrial environmental monitoring at gas industry facilities. Design rules*. M., IRTS Gazprom Publ, 2003, 44 p.
- Ganova S.D., Pendin V.V. *Geoecological monitoring of the location of gas transport facilities in the permafrost zone*. M., OJSC «PNIIS» Publ, 2009, 226 pp.
- Gossen L.P., Velichkina L.M. *Ecology of oil and gas complex*. Tomsk: TSU Publishing House, 2007, 184 p.
- Goldberg V.M., Zverev V.P., Arbuzov A.I. *Technogenic pollution of natural waters by hydrocarbons and its ecological consequences*. M., Nauka Publ, 2001, 186 p.
- GOST 17.1.3.13-86 *Conservation of nature (SOP). Hydrosphere. General requirements for the protection of surface water from pollution*. M., Izd-vo standards, 1986. 12 p.

7. GOST 17.1.5.05-85. *General requirements for sampling of surface and sea water and precipitation*. М., Publishing Standards, 1985, 6 p.
 8. GOST 17.1.3.12-86. *General rules for the protection of water from pollution during drilling and production of oil and gas on land*. М., Publishing Standards, 1986, 16 p.
 9. GOST 19179-73. *Hydrology of land. Terms and Definitions*. М., Publishing Standards, 1973, 5 p.
 10. Kamyshev E.G. *Methods and technologies for monitoring the natural-technical systems of the north of Western Siberia*. М., DAO «VNIPgazdobycha», 1999, 203 p.
 11. *Permafrost: a textbook*. V.V. Pendin, V.O. Podborskaya, T.P. Dubina. Edition 2, corrected, St. Petersburg; Moscow; Krasnodar: Lan Publ, 2017, 170 p.
 12. *Manual for hydrometeorological stations and posts*. Вып. 7, Part II, L., Gidrometeoizdat, 1972, 225 p.
 13. SanPiN 2.1.5.980-00. *Drainage of populated areas, sanitary protection of water bodies. Hygienic requirements for the protection of surface waters: Sanitary rules and regulations*. М., Federal Center for State Sanitary and Epidemiological Supervision of the Ministry of Health of Russia Publ, 2000, <http://legalacts.ru/doc/sanpin-215980-00-215-vodootvedenie-naselennykh-mest-sanitarnaja/>, (last accessed 15. 08. 2018.)
 14. Yadzinskaya M.R., Solovyeva I.V., Galiakhmetova A.V., Bakharova N.S. *Assessment of engineering and geological conditions in permafrost areas (MMG)*. Geology and minerals of the Western Urals. Publisher Perm: Perm State National Research University, 2011, no 11, pp. 178—179.
-

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 564.5:551.763.1(477.75)

**HADROCHEILUS (LOZOVSKIA) — НОВЫЙ ПОДРОД РИНХОЛИТОВ
ИЗ ВЕРХНЕБАРРЕМСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ ЮГО-ЗАПАДНОГО КРЫМА**

В.Н. КОМАРОВ, Е.С. ГАПОНЕНКО, М.С. ТАРАСОВ

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

Описан новый подрод верхнебарремских ринхолитов *Hadrocheilus* (Lozovskia), отличающийся от подрода *Hadrocheilus* (*Microbeccus*) Shimansky et Nerodenko значительно меньшим размером капюшона, заметно более приподнятой над капюшоном вершиной рукоятки, а также плоской дорсальной стороной рукоятки. Данные морфологические особенности нового таксона позволяют считать именно его предковым для аптского рода *Erlangericheilus*, важнейшей особенностью которого является превращение капюшона в небольшой бивнеобразный придаток.

К л ю ч е в ы е с л о в а: ринхолиты; верхний баррем; Юго-Западный Крым.

DOI:10.32454/0016-7762-2018-5-69-71

**HADROCHEILUS (LOZOVSKIA) — A NEW SUBGENUS OF RHYNCHOLITES
FROM THE UPPER BARREMIAN DEPOSITS OF SOUTH-WESTERN CRIMEA**

V.N. KOMAROV, E.S. GAPONENKO, M.S. TARASOV

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

A new subgenus of Upper Barremian rhyncholites *Hadrocheilus* (Lozovskia) has been described. It differs from subgenus *Hadrocheilus* (*Microbeccus*) Shimansky et Nerodenko by much smaller size of the hood, as well as by the top of the handle, which is significantly raised over the hood, and by the flat dorsal side of the arm. Morphological features of the new taxon allow us to consider it to be an ancestral to Aptian genus *Erlangericheilus*, the most important feature of which is the transformation of the hood in a small tusk-shaped appendage.

К е у w o r d s: rhyncholites; Upper Barremian; South-Western Crimea.

В [1] был описан новый вид верхнебарремских ринхолитов *Hadrocheilus* (*Microbeccus*) *insolitus*. Отнесение его к подроду *Microbeccus* было сделано с некоторой долей условности, так как он резко отличался от всех других видов этого подрода маленьким капюшоном и иным строением дорсальной поверхности рукоятки. Был сделан вывод о

том, «что по мере появления нового фактического материала появится возможность объединить ринхолиты с такой необычной морфологией в самостоятельный подрод» [1, с. 151]. За прошедшие с момента опубликования описания нового вида 10 лет, несмотря на самые тщательные целенаправленные поиски, повторить подобные находки

не удалось. Однако не были обнаружены и промежуточные между типичными микробеккусами и *Hadrocheilus* (*Microbeccus*) *insolitus* формы. Это позволяет нам вернуться к данному вопросу и в соответствии с представлениями об установлении новых таксонов ринхолитов по ограниченному материалу, своеобразие архитектуры которого не связано с изменчивостью, механическими повреждениями или коррозией [5], выделить новый подрод ринхолитов.

Ранее подрод *Microbeccus* считался предковым для аптского рода *Erlangericheilus*, важнейшей особенностью которого является превращение капюшона в небольшой бивнеобразный придаток [6, 7]. Миниатюрные размеры капюшона и резко выступающая над ним вершина рукоятки у нового подрода позволяют считать именно его предковым для рода *Erlangericheilus*.

Род *Hadrocheilus* Till, 1907

Подрод *Hadrocheilus* (*Lozovskia*) Komarov, Gaponenko et Tarasov subgen. nov.

На з в а н и е п о д р о д а в память геолога Владлена Рувимовича Лозовского.

Т и п о в о й в и д — *Hadrocheilus insolitus* Komarov, 1998; Юго-Западный Крым, восточная часть Бахчисарайского района, окрестности села Верхоречье, южный склон горы Белая; нижний мел, верхний баррем.

Д и а г н о з. Ринхолиты с миниатюрным капюшоном. Рукоятка с вершиной, значительно приподнятой над вершиной капюшона. Дорсальная сторона рукоятки плоская.

В и д о в о й с о с т а в. Типовой вид.

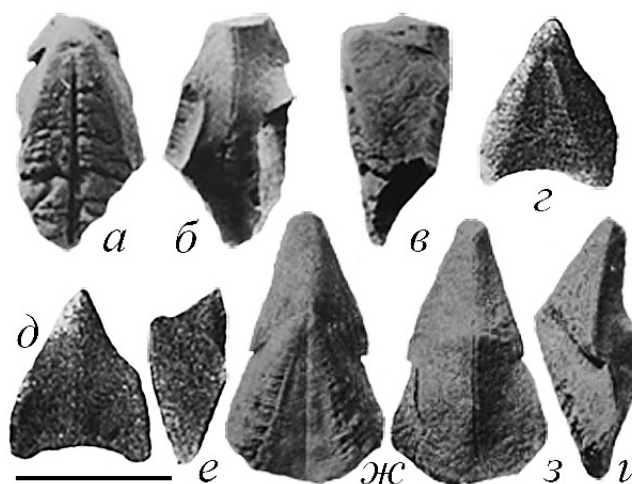
С р а в н е н и е. От подрода *Hadrocheilus* (*Microbeccus*) Shimansky et Nerodenko, 1983 [8] отличается значительно меньшим размером капюшона, заметно более приподнятой над капюшоном вершиной рукоятки, а также плоской дорсальной стороной рукоятки (у микробеккусов борозда рукоятки широкая, занимающая почти всю её дорсальную сторону и быстро расширяющаяся к заднему краю).

Hadrocheilus (*Lozovskia*) *insolitus* (Komarov, 1998)

Hadrocheilus (*Microbeccus*) *insolitus*: Комаров, 1998, с. 152, рис. 1; Комаров, 1999, с. 24, табл. V, фиг. 5; Комаров, 2008, с. 79, табл. XI, фиг. 2.

Г о л о т и п — Палеонтологический институт РАН, № 4729/5; Юго-Западный Крым, восточная часть Бахчисарайского района, окрестности села Верхоречье, южный склон горы Белая; нижний мел, верхний баррем.

О п и с а н и е (рисунок). Капюшон маленький, имеет вид пирамиды, основанием которой служит сглаженный ромб. Ширина капюшона, по всей видимости, почти равна его длине. Боковые края капюшона прямые, режущий край слабо вогнутый. Боковые стороны капюшона в области крыльев плоские. Крылья очень маленькие, узкие, заострённые. Задний край капюшона широко и неглубоко вырезан.



Ринхолиты из нижнемеловых отложений Крыма: *Hadrocheilus* (*Lozovskia*) *insolitus* (Komarov, 1998), экз. № 4729/5; а-б — вид: а — сверху, б — снизу, в — сбоку; окрестности села Верхоречье; верхний баррем; *Erlangericheilus insigne* Shimansky 1947, экз. № 441/30; г-е вид: г — сверху, д — снизу, е — сбоку; окрестности села Верхоречье; апт; *Hadrocheilus* (*Microbeccus*) *arendti* Shimansky et Nerodenko, 1983, экз. № 3911/4; ж-и — вид: ж — сверху, з — снизу, и — сбоку; окрестности посёлка Султановка; берриас-валанжин; длина масштабной линейки 1 см

Рукоятка шире и значительно длиннее капюшона, субтреугольной формы, относительно медленно расширяющаяся от вершины к заднему краю. Вершина рукоятки очень отчётливо возвышается над вершиной капюшона, образуя заметный затуплённый выступ. Продольный профиль рукоятки уплощённый. Нижняя сторона ринхолита в продольном направлении слабо выпуклая. Наибольшая вздутость находится под передней третью рукоятки. Срединное ребро довольно хорошо выражено только под капюшоном и передней половиной рукоятки. В осевой части ребро несёт очень узкую и мелкую бороздку.

Ниже приведены данные измерений (в мм).

Экз. №	L	l ₁	l ₂	b ₁	b ₂	H	l ₁ /l ₂	b ₁ /b ₂	H/b ₁	H/L
4729/5	(15,0)	(1,0)	14,0	5,3	(7,3)	6,2	(0,07)	(0,72)	1,16	(0,41)

З а м е ч а н и я. Как было показано в [3, 5] придавать узкой дорсальной борозде рукоятки какое-то таксономическое значение можно только в том случае, если она наблюдается на ринхолитах, не несущих следов выветривания в виде пластин нарастания. У *Hadrocheilus* (*Lozovskia*) *insolitus* наблюдаются очень отчётливые пластины нарастания двух порядков. Пластины первого порядка (всего около 26) имеют ширину 0,1—0,15 мм. Внутри них насчитывается от 7 до 11 равной ширины пластин второго порядка. Это позволяет с полным основанием считать, что имеющаяся у данного экземпляра аномально узкая дорсальная борозда рукоятки является результатом выветривания, а не специфической особенностью морфологии.

М а т е р и а л. Голотип (сборы В.Н. Комарова, 1997 г.).

ЛИТЕРАТУРА

1. Комаров В.Н. Новый представитель подрода *Hadrocheilus* (*Microbeccus*) (ринхолиты) из верхнебарремских отложений Горного Крыма // Известия вузов. Геология и разведка. 1998. № 3. С. 151–153.
2. Комаров В.Н. Определитель ринхолитов Юго-Западного Крыма. Учебное пособие. М.: Диалог-МГУ, 1999. 38 с.
3. Комаров В.Н. Новые данные об *Akidocheilus* (*Planecapula*) *infrus* Shimansky — типовом виде подрода *Planecapula* (ринхолиты) // Изв. вузов. Геология и разведка. 2001. № 5. С. 58–65.
4. Комаров В.Н. Атлас ринхолитов Горного Крыма. М.: ТИИЦ, 2008. 120 с.
5. Хузина И.Р., Комаров В.Н. Ринхолиты и проблема широкого и узкого понимания таксонов // Известия вузов. Геология и разведка. 2018. № 1. С. 12–17.
6. Шиманский В.Н. К вопросу о систематике ринхолитов // Доклады АН СССР. 1947. Т. 58. № 7. С. 1475–1478.
7. Шиманский В.Н. Историческая смена ринхолитов // Ископаемые головоногие моллюски. М.: Наука, 1985. С. 155–167.
8. Шиманский В.Н., Нероденко В.М. Новый подрод ринхолитов *Microbeccus* из раннего мела // Палеонтологический журнал. 1983. № 4. С. 36–41.

REFERENCES

1. Komarov V.N. The new representative of the subgenus *Hadrocheilus* (*Microbeccus*) (rhyncholites) from the upper Barremian deposits of the Mountain Crimea. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Geologiya i razvedka* — [Proceedings of higher educational establishments. Geology and Exploration], 1998, no. 3, pp. 151–153 (In Russian).
2. Komarov V.N. *Opredelitel rinholitov Yugo-Zapadnogo Krima. Uchebnoe posobie*. [The determinant of rhyncholites of South-Western Crimea. Textbook], M., Dialogue-MSU Publ., 1999, 38 p. (In Russian).
3. Komarov V.N. New data on *Akidocheilus* (*Planecapula*) *infrus* Shimansky — a typical species of subgenus *Planecapula* (rhyncholites). *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Geologiya i razvedka* — [Proceedings of higher educational establishments. Geology and Exploration], 2001, no. 5, pp. 58–65 (In Russian).
4. Komarov V.N. *Atlas rinholitov Gornogo Krima*. [Atlas of rhyncholites of Mountain Crimea], M., CIPC Publ., 2008, 120 p. (In Russian).
5. Khuzina R.I., Komarov V.N. Rhyncholites and the problem of broad and narrow understanding of the taxa. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Geologiya i razvedka* — [Proceedings of higher educational establishments. Geology and Exploration], 2018, no. 1, pp. 12–17. (In Russian).
6. Shimansky V.N. To the question of taxonomy of rhyncholites. *Doklady AN SSSR (Reports of the USSR Academy of Sciences)*, 1947, vol. 58, no. 7, pp. 1475–1478. (In Russian).
7. Shimansky V.N. Historical change of rhyncholites. *Iskopaemye golovonogie mollyuski*. [Fossil cephalopods], Moscow: Science Publ., 1985, pp. 155–167. (In Russian).
8. Shimansky V.N., Nerodenko V.M. A new subgenus of rhyncholites *Microbeccus* from the early Cretaceous, *Paleontologicheskii jurnal* — [Paleontological journal], 1983, no. 4, pp. 36–41. (In Russian).

УДК504.064

ВИЗУАЛЬНАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ УЧАСТКОВ РАСПОЛОЖЕНИЯ ЛИНЕЙНЫХ ОБЪЕКТОВ ХАСЫРЕЙСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

С.Д. ГАНОВА, О.В. СКОПИНЦЕВА, О.Н. ИСАЕВ, В.П. ФЕДОТОВА

ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет им. Серго Орджоникидзе»
23, Миклухо-Маклая ул., Москва 117997, Россия
e-mail: ganova_s@mail.ru, skopintseva54@mail.ru

К основным критериям оценки состояния участков при проведении визуальных наблюдений должны быть отнесены: степень химического загрязнения и/или механического захламления русла, берегов, поймы и склонов долины, водораздельной поверхности; динамика инженерно-геологических процессов на исследуемых территориях; видимые деформации линейных объектов. Сопоставление и анализ материалов визуального обследования переходов через водные преграды позволяют констатировать, что общей проблемой для всех участков является развитие эрозионных процессов склонов или откосов дорожного полотна и дорожных кювет. Для линейной части трубопроводов наиболее опасны участки, находящиеся в сложном, напряженном состоянии, в том числе продольные склоны в зоне действия экзогенных процессов, переходы через водотоки и болота, криволинейные участки.

Ключевые слова: многолетнемерзлые грунты; экзогенные геологические процессы; линейные объекты; трубопроводная система; мониторинг; прогноз; контроль.

DOI:10.32454/0016-7762-2018-5-71-74

VISUAL EVALUATION OF THE CONDITION OF SITES OF LOCATION OF LINEAR OBJECTS OF THE KHASYREI DEPOSIT

S.D. GANOVA, O.V. SKOPINTSEVA, O.N. ISAEV, V.P. FEDOTOVA

Russian State Geological Prospecting University

23, Miklouho-Maklay's street, Moscow 117997, Russia

e-mail: ganova_s@mail.ru, skopintseva54@mail.ru, isaevoleg75@mail.ru, rio227@mail.ru

When conducting visual observations, the main criteria for assessment of their sites of location's state should include: the degree of chemical contamination and / or mechanical cluttering of the riverbed and the banks, the floodplain and valley slopes, the water-shed surface; the dynamics of geological-engineering process in the studied area; visible deformations of the linear objects. Comparison and analysis of data received in the process of visual inspection of the waterway crossings allow us to state out that all sites have the same common problem, which is the development of the erosion process on the natural slopes, or on the slopes of the roadway and of the road ditches. The most dangerous areas for the linear part of the pipelines are those that are characterized by complex stress conditions, including longitudinal slopes in the zone of exogenous process action, transitions through the waterways and marshes, and curvilinear sections.

Key words: permafrost; exogenous geological processes; linear objects; pipeline system; monitoring; forecast; control.

Для Ненецкого автономного округа характерны возникновение и развитие всех экзогенных геологических процессов на равнинных территориях, сложенных многолетнемерзлыми грунтами (ММГ). Наиболее активными среди них являются криогенные или геокриологические процессы [5]. Большинство из них при строительстве и эксплуатации являются неблагоприятными или опасными [1].

Многолетний мониторинг и короткопериодные исследования экзогенных геологических процессов (ЭГП) на нефтепроводах северных территорий проводятся более 50 лет и заключаются в основном в наблюдении за заболачиванием, термокарстом и многолетним пучением грунтов. В связи с большой протяженностью магистральных трубопроводов широко применяются дистанционные методы исследований [6, 9].

Однако ряд важных характеристик ЭГП невозможно определить с использованием только дистанционных методов. В результате возникает необходимость проведения натурных наземных наблюдений для выявления особенностей возникновения и развития ЭГП. По результатам исследований экзогенных геологических процессов на севере Западной Сибири установлены основные причины возникновения, характеристики и признаки процессов, их динамика, образуемые ими парагенетические комплексы, составлена региональная классификация [2, 7].

Линейные объекты, построенные в соответствии с действующими требованиями, необходимы для соблюдения промышленной безопасности, экологических, противопожарных и других норм в процессе сбора и транспорта нефтепродуктов. Так,

на месторождениях вала Гамбурцева использован принцип коридорной прокладки линейных коммуникаций (трубопроводы, водоводы поддержания пластового давления (ППД), внутри- и межпромысловые круглогодичные дороги, линии электропередач (ЛЭП) и связи): по одну сторону от дороги проходят ЛЭП и линии связи, по другую — трубопроводы, причем ближайший к дороге — водовод, далее нефтепроводы.

В процессе строительства и эксплуатации линейных объектов особое внимание должно уделяться переходам через водные преграды, участкам врезки внутрипромысловых нефтеколлекторов в межпромысловый нефтепровод, участкам расположения одиночных задвижек аварийного сброса, а также состоянию опор.

При характеристике переходов необходимо акцентировать внимание на водотоках, имеющих постоянное русло. На территории Хасырейского месторождения — это реки Ватьяртывис и Комашор, ручьи Нумгораю, Безымянный (приток руч. Пяйю), Пяйю, Янахасырейтывис, Безымянный (вблизи северной границы месторождения). Годовой ход уровня рек и ручьев характеризуется хорошо выраженным весенним подъёмом и низкими уровнями в периоды летней и зимней межени. Верховья, а в особо суровые годы и участки среднего течения рек и ручьев к критическому зимнему периоду (февраль—март) в основном перемерзают. Кроме того, для данного района типична высокая поперечная заболоченность.

Экологический мониторинг является одним из основных элементов экологического контроля, направленного на предотвращение, выявление и пре-

сечение нарушений природоохранного законодательства, обеспечение соблюдения субъектами хозяйственной деятельности экологических требований и ограничений [3, 4].

Мониторинг территорий переходов линейных объектов через водные преграды имеет следующие основные взаимосвязанные задачи:

1. Слежение, изучение и контроль за состоянием природной среды в местах наиболее вероятной потенциальной опасности загрязнений и возможных нарушений и изменений экосистем.

2. Прогноз возможных изменений окружающей среды при транспорте углеводородов для конкретных сочетаний природных условий и последствий антропогенеза.

3. Контроль за использованием и восстановлением загрязненных и техногенно изменённых экосистем, оценка качества восстановления природных объектов.

Для проведения комплексной оценки текущего экологического состояния компонентов природной среды в зоне влияния линейных объектов, с последующими прогнозом и разработкой рекомендаций по снижению воздействия на окружающую среду при освоении территории в первую очередь проводится визуальная оценка состояния участков расположения площадных и линейных объектов месторождений, приуроченных к наиболее уязвимым районам, к которым относится зона распространения ММГ.

К основным критериям оценки состояния участков при проведении визуальных наблюдений должны быть отнесены: степень химического загрязнения и/или механического захламления русла, берегов, поймы и склонов долины, водораздельной поверхности; динамика инженерно-геологических процессов на исследуемых территориях; видимые деформации линейных объектов.

Анализ имеющегося материала показывает, что на акватории водных объектов и на прилегающих к рекам и ручьям территориях практически отсутствует замазученность и захламленность [8, 10, 11].

Небольшие локальные очаги нефтезагрязнения отмечены в основном на врезках и на некоторых участках расположения одиночных задвижек аварийного сброса по трассе нефтепровода. Сопоставление и анализ материалов визуального обследования переходов через водные преграды позволяют констатировать, что общей проблемой для всех участков является развитие эрозионных процессов склонов или откосов дорожного полотна и дорожных кювет. В результате наблюдается образование промоин и оврагов, дальнейшее развитие которых угрожает дорожному полотну и соответственно рекам и ручьям.

Смыв взвешенных веществ приводит к образованию конусов выноса на пойме, берегах и в русле реки. В периоды снеготаяния и дождевых паводков

происходит размыв наносов, что способствует увеличению мутности и накоплению осадков на дне реки, следствием чего является ослабление проточности русла и ухудшение кислородного режима на конкретном участке реки. Взвешенные частицы, оседая на дно, изолируют богатые пищей слои субстрата — перифитон, листвопад, детрит, а также заполняют пространство между частицами грунта, лишая гидробионтов удобных мест обитания. Эрозионные процессы склоновых и придорожных ландшафтов приводят к увеличению мутности воды в водотоках и заиливанию их придонных биотопов.

В ходе обследования трубопроводной системы в зоне распространения ММГ визуальная оценка состояния опор показала, что опасных ситуаций в настоящее время не наблюдается, но в то же время отмечены видимые изменения положения опор (проседание, кривизна, оголение).

По трассам трубопроводов деформации отдельных свай или опор (отрыв опоры от трубопровода, провисание, кривизна, оголение опор) образуются преимущественно за счёт развития или активизации криогенных процессов.

Максимальное воздействие на естественные экологические условия территории при сооружении линейных объектов относится к стадии строительства. На стадии эксплуатации степень воздействия на экосистемы в первую очередь зависит от надёжности линейных сооружений. Для линейной части трубопроводов наиболее опасны участки, находящиеся в сложном напряжённом состоянии, в том числе: продольные склоны в зоне действия экзогенных процессов, переходы через водотоки и болота, криволинейные участки.

Для предотвращения возможного ухудшения состояния природных вод рекомендуется:

- обвалование промышленных площадок и гидроизоляция площадок размещения технологического оборудования;

- сбор атмосферных осадков и промливневых стоков с обвалованных площадок в систему производственной канализации;

- полная герметизация технологических процессов и процессов транспорта углеводородов;

- регулярный контроль состояния и своевременное восстановление обваловок и обваловок вокруг экологически опасных объектов (котлованов, резервуаров и т. п.);

- использование в производственных циклах реагентов, не содержащих токсичных и опасных химических соединений;

- использование оборотных систем водоснабжения и учет расхода свежей воды;

- экологический контроль за источниками сбросов.

Оценивая состояние территории в коридоре линейных объектов и на сопредельных участках, можно сделать следующие выводы:

1. Механическое захламление русел, берегов, пойм и склонов долин водотоков на участках переходов не выявлено.

2. Видимое химическое загрязнение водораздельной поверхности приурочено к участкам врезки коллекторов в межпромысловый нефтепровод и участкам расположения одиночных задвижек и имеет в основном локальный характер.

3. Инженерно-геологические и геологические процессы характерны для берегов, пойм и склонов долин водотоков на участках переходов. Наибольшее развитие имеют склоновые криогенные процессы.

4. Эрозионные размывы дорожных откосов и кювет типичны как для межпромысловой, так и

внутрипромысловых дорог. Наиболее распространены очаги эрозии на входе и выходе водопропускных сооружений, здесь же отмечаются и максимальные по площади участки выноса песчаного материала. Дорожное полотно практически не эродировано.

5. Конусы выноса песчаного материала в русло, на берег и поймы водотоков зафиксированы на многих участках переходов.

6. Видимые деформации свайных опор (проседание, кривизна, оголение) отмечены на протяжении всей трассы межпромыслового нефтепровода и приурочены к участкам развития и активизации криогенных процессов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бондарик Г.К., Пендин В.В., Ярг Л.А. Инженерная геодинамика. М.: КДУ, 2009. 440 с.
2. Вейсман Л.И. Обобщенная классификация криогенных процессов и явлений // Криогенные процессы. М.: Наука, 1978. С. 3–9.
3. Ганова С.Д., Ключа Д.О. Совершенствование системы экологической безопасности объектов транспорта газа // Известия вузов. Геология и разведка. 2012. № 5. С. 61–65.
4. Ганова С.Д., Пендин В.В. Геоэкологический мониторинг территорий расположения объектов транспорта газа в криолитозоне. М.: ОАО «ПНИИИС», 2009. 226 с.
5. Геокриология СССР. Западная Сибирь / Под ред. Э.Д. Ершова. М.: Недра, 1989. 456 с.
6. Корниенко С.Г. Оценка современных трансформаций окружающей среды территории Уренгойского ГKM по данным космической съемки // Газовая промышленность: Экология в газовой промышленности. Спецвыпуск. 2008. № 619. С. 9–13.
7. Мерзлотоведение: учебное пособие / В.В. Пендин, В.О. Подборская, Т.П. Дубина. Издание 2-е, исправленное. СПб; М.: Краснодар: Лань, 2017. 170 с.
8. Отчет: «Результаты гидрогеоэкологического мониторинга за 2009 г. на объектах ООО «РН - Северная нефть». Усинск, ООО «Геонорд», 2010. 156 с.
9. Хасенова Д.Ф. Возможности применения методов аэрокосмического мониторинга для обнаружения утечек из нефтегазопроводов // Технические науки: теория и практика: материалы Междунар. науч. конф. (г. Чита, апрель 2012 г.). Чита: Изд-во «Молодой ученый», 2012. С. 135–139. URL <https://moluch.ru/conf/tech/archive/7/2001/> (дата обращения: 02.08.2018).
10. Шац М.М. Магистральные газотранспортные системы Сибири (современное состояние и перспективы) // Трубопроводный транспорт: теория и практика. 2016. № 4. С. 52–58.
11. Ядзинская М.Р., Соловьева И.В., Галиахметова А.В., Бахарева Н.С. Оценка инженерно-геологических условий в районах распространения многолетнемерзлых грунтов (ММГ) // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. Пермь: Изд-во: Пермского государственного национального исследовательского университета. 2011. № 11. С. 178–179.

REFERENCES

1. Bondarik G.K., Pendin V.V., Yarg L.A. *Engineering geodynamics*. M., KDU Publ., 2009, 440 p.
2. Weisman L.I. The generalized classification of cryogenic processes and phenomena. *Cryogenic processes*. M., Nauka Publ., 1978, pp. 3–9.
3. Ganova S.D., Klyuka D.O. Improving the environmental safety system of gas transportation facilities. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Geologiya i razvedka* — [Proceedings of higher educational establishments. Geology and Exploration], 2012, no 5, pp. 61–65.
4. Ganova S.D., Pendin V.V. *Geoecological monitoring of the territories where gas transportation facilities are located in the cryolithozone*. M., JSC PNIIS Publ., 2009, 226 p.
5. *Geocryology of the USSR. Western Siberia*. Ed. E.D. Ershov. M., Nedra, 1989, 456 p.
6. Kornienko S.G. Evaluation of modern environmental transformations in the territory of the Urengoi gas condensate field according to satellite imagery data. *Gas industry: Ecology in the gas industry. Special edition*, 2008, no. 619, pp. 9–13.
7. *Permafrost: a textbook*. V.V. Pendin, V.O. Podborskaya, T.P. Dubina. 2nd edition, revised. SPb., M., Krasnodar: Lan Publ., 2017, 170 p.
8. Report: «The results of hydrogeoecological monitoring for 2009 at the facilities of LLC RN-Severnaya Nefi» Uinsk, LLC Geonord Publ., 2010, 156 p.
9. Khasenova DF Possibilities for the application of aerospace monitoring methods for detecting leaks from oil and gas pipelines. *Technical Sciences: Theory and Practice: Materials of the Intern. scientific conf.* (Chita, April 2012). Chita: Young Scientist Publishing House, 2012. pp. 135–139. URL <https://moluch.ru/conf/tech/archive/7/2001/> (access date: 08/02/2018).
10. Schatz M.M. Trunk gas transmission systems of Siberia (current state and prospects). *Pipeline transport: theory and practice*, 2016, no. 4, pp. 52–58.
11. Yadzinskaya M.R., Solovyova I.V., Galiakhmetova A.V., Bakhareva N.S. Assessment of engineering geological conditions in areas of permafrost (MMG). *Geology and minerals of the Western Urals*, 2011, no. 11, pp. 178–179.

ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОТРАБОТАННЫХ КАРЬЕРНЫХ ПРОСТРАНСТВ

М.М. ЧЕРЕПАНСКИЙ, А.Б. ОБУХОВА

*ФГБОУВО «Российский государственный геологоразведочный университет им. Серго Орджоникидзе»
23, Миклухо-Маклая ул., Москва 117485, Россия
e-mail: vodamch@mail.ru.*

Проблема выбора вида деятельности, способов и технологий рекультивации карьерных пространств, в условиях минимизации вредного влияния на водные ресурсы, определяется большим числом естественных и техногенных факторов. Одним из основных и определяющих факторов является состояние поверхностных и подземных вод, а также их изменение при рекультивации карьеров. Для решения этой проблемы предлагается создание информационно-экспертной системы (ИЭС) выбора способа рекультивации карьеров ИЭС «Карьер-вода-рекультивация», исходя из природных и техногенных условий территорий. Цель разработки ИЭС «Карьер-вода-рекультивация» — обоснованный выбор способов, вариантов и технологий рекультивации карьерного пространства, основанный на физико-географических, геологических, гидрологических и гидрогеологических условиях района исследований, способа добычи полезного ископаемого, условий использования поверхностных и подземных вод, на основании данных систем мониторинга, в результате ретроспективного и прогнозного геофильтрационного моделирования, с учётом намечаемых к реализации проектных и водоохранных решений и мероприятий, а также социально-экономических условий региона. Сформулированы задачи по сбору и обобщению физико-географических, геологических, гидрологических и гидрогеологических условий по бассейновому принципу, характеристике хозяйственной деятельности, построению геофильтрационной, гидродинамической и расчётной моделей, с последующей корректировкой последней, решению серии прогнозных задач, по изменению гидрологических и гидрогеологических условий территории в результате различных вариантов рекультивации карьера, анализу действующего законодательства, учёту требований местной администрации и пожеланий населения, разработке проекта водоохранных мероприятий выбранного варианта.

Ключевые слова: разработка месторождений полезных ископаемых; карьеры, поверхностные и подземные воды; рекультивация; гидрологические и гидрогеологические условия; расчётная модель; прогноз.

DOI:10.32454/0016-7762-2018-5-75-77

HYDROGEOLOGICAL FOUNDATIONS OF THE USAGE OF DEPLETED PITS AREAS

M.M. TSCHEREPANSKY, A.B. OBUKHOVA

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

The problem of choosing the type of activity, methods and technologies of reclamation of quarry spaces, in the conditions of minimizing the harmful impact on water resources, is determined by a large number of natural and man-made factors. One of the main and determining factors is the state of surface and groundwater, as well as their change in the reclamation of quarries. To solve this problem, it is proposed to create an information and expert system (IES) for selecting a method of reclamation of quarries of IES «Quarry-water-reclamation», based on the natural and man-made conditions of the territories. The purpose of the development of IES «Quarry-water-recultivation» is a reasonable choice of methods, options and technologies for recultivation of the quarry space, based on the physical, geographical, geological, hydrological and hydrogeological conditions of the research area, the method of mining, the conditions of use of surface and groundwater, on the basis of these monitoring systems, as a result of retrospective and predictive geofiltration modeling, taking into account the planned for the implementation of design and water protection solutions and measures, as well as the social - economic conditions of the region. Tasks for the collection and compilation of physico-geographical, geological, hydrological and hydrogeological conditions according to the basin principle, the characteristics of economic activities, the construction of geofiltration, hydrodynamic and computational models, with the further correction of the last solution of the series of predictive tasks, the change of the hydrological and hydrogeological conditions of the area as a result of various variants of recultivation of the quarry, analysis of the current legislation, the requirements of the local authority and wishes of the local people, development of the project of water protection measures of the selected option.

Keywords: development of deposits of usefull minerals; quarries; surface and groundwater; reclamation; hydrological and hydrogeological conditions; computed model; forecasting.

Использование ресурсов недр, всегда сопряжено с негативным воздействием на окружающую среду. В результате разработки месторождений полезных ископаемых открытым способом происходит нарушение земель карьерными выемками, внутренними и внешними отвалами. Наличие значительного количества отработанных карьерных пространств, образованных при разработке месторождений полезных ископаемых (песчано-гравийные смеси, глина, известняки и др.), предполагает необходимость последующей рекультивации. Горные выработки, не подвергшиеся рекультивации, снижают ландшафтную привлекательность региона, часто используются в качестве несанкционированных мест складирования твёрдых и жидких бытовых отходов, земли, которые не используются в хозяйственном обороте, что всегда сопряжено с негативным воздействием на окружающую среду и представляют собой потенциальную угрозу загрязнения поверхностных и подземных вод [1–3].

В соответствии с действующими законодательно-нормативными требованиями нарушенные в результате разработки месторождений полезных ископаемых земли подлежат обязательной рекультивации, обеспечивающей использование восстановленных земель преимущественно под сельскохозяйственные угодья или лесонасаждения. Сельскохозяйственное направление рекультивации требует значительных объёмов заполняющего отработанное карьерное пространство материала (миллионы кубометров), что чаще всего не может быть реализовано на практике ввиду его отсутствия, а также требований, ограничивающих его использование. С целью возврата нарушенных карьерными разработками земель в хозяйственный оборот разработаны различные способы рекультивации. Мировой и отечественный опыт показывает возможность рекультивации карьерного пространства с использованием его под различные виды деятельности, в том числе строительство спортивно-туристических комплексов, объектов рекреации, аквапарков, водных объектов различного назначения, а также полигонов бытовых отходов [1, 2].

Проблема выбора вида деятельности, способов и технологий рекультивации карьерных пространств определяется большим числом естественных и техногенных факторов. Одним из основных и определяющих факторов является состояние поверхностных и подземных вод (количественное и качественное) до, во время и после эксплуатации карьера, а также их изменение при рекультивации карьеров [4].

Для решения этой проблемы предлагается создание информационно-экспертной системы выбора способа рекультивации карьеров ИЭС «Карьер-вода-рекультивация». Система рассчитает и предложит возможные варианты рекультивации карьера, для запрашиваемой местности с учётом

гидрогеологической и гидрологической характеристики района.

Цель разработки ИЭС «Карьер-вода-рекультивация» — обоснованный выбор способов, вариантов и технологий рекультивации карьерного пространства, при котором следует исходить из физико-географических, геологических, гидрологических и гидрогеологических условий территории, добываемого полезного ископаемого, способа его добычи, условий использования поверхностных и подземных вод, на основании данных систем мониторинга, в результате ретроспективного и прогнозного геофильтрационного моделирования с учётом намечаемых к реализации проектных и водоохранных решений и мероприятий, а также социально-экономических условий региона.

Для достижения этой цели при разработке ИЭС «Карьер-вода-рекультивация» необходимо решить следующие задачи:

1. Осуществить сбор и накопление, анализ и обобщение исходных материалов, характеризующих физико-географические, геологические, гидрологические и гидрогеологические условия области водосбора карьера.

2. Систематизировать территорию по бассейновому принципу, выделить элементарные гидрологические бассейны, в пределах которых исследовать условия формирования ресурсов подземных и поверхностных вод.

3. Характеризовать хозяйственную деятельность, оказывающую влияние на гидрогеологические и гидрологические условия, в первую очередь условия эксплуатации карьера и водозаборов подземных и поверхностных вод.

4. Выполнить типизацию и схематизацию гидрогеологических условий исследуемой территории. Построить геофильтрационную, гидродинамическую и расчётную модели.

5. Произвести корректировку расчётной модели путём решения серии обратных стационарных задач и эпигнозного моделирования.

6. Выполнить решение серии прогнозных задач в зависимости от вида дальнейшей деятельности, способов и технологий рекультивации карьера и эксплуатации водозаборов подземных вод.

7. Проанализировать действующие законодательство Российской Федерации, органов государственной власти субъектов РФ и органов местного самоуправления с учётом мнения местного населения.

8. Обобщить результаты прогнозного моделирования по вариантам рекультивации.

9. Подготовить рекомендации с учетом требований местной администрации и пожеланий населения.

10. Разработать проекты водоохранных мероприятий выбранного варианта и итоговых реко-

мендаций по рекультивации карьера и системе мониторинга поверхностных и подземных вод.

В результате решения поставленных задач будут получены:

1. Характеристики физико-географических условий и гидрографических особенностей исследуемой территории; геологического строения и гидрогеологических условий, включающие детальную характеристику всех водоносных и слабопроницаемых слоёв и подрусловых отложений; поверхностных и подземных водных систем, а также природных и техногенных систем оказывающих влияние на гидрогеологические и гидрологические условия.

2. Геофильтрационная, гидродинамическая и расчётная модели, построенные на основании природных и техногенных данных, в результате разбивки исследуемой области фильтрации на блоки и представленные в виде исходной информации, пригодной для численного моделирования на компьютере.

3. Откорректированная расчётная модель, путём решения серии обратных стационарных задач и эпигнозного моделирования, адекватная природным условиям.

4. Прогнозы изменения гидрологических и гидрогеологических условий территории в результате рекультивации карьера для различных вариантов.

5. Требования к рекультивации карьеров в соответствии с действующей законодательно-нормативной базой Российской Федерации и субъектов РФ.

6. Требования и предложения местной администрации и населения, варианты рекультивации карьера для различных целей: сельскохозяйственные угодья, посадка лесных насаждений, создание зон рекреация, восстановление с помощью твердых коммунальных отходов или рыбного хозяйства.

7. Обобщенные результаты прогнозного моделирования по предложенным вариантам и рекомендации по рекультивации карьера с учётом требований местной администрации и пожеланий населения.

8. Итоговые рекомендации по рекультивации карьера, проект водоохранных мероприятий и системы мониторинга поверхностных и подземных вод выбранного варианта.

Автоматизированная система может применяться на стадиях разработки предпроектной документации, проектов и рабочей документации крупных карьеров строительных материалов, а также при ликвидации существующих карьерных пространств. В итоге заказчику (местная администрация, недропользователь) будет предоставлена серия из вариантов решений по рекультивации карьера для выбора. Выполнение мероприятий позволят улучшить состояние окружающей среды и развить социальную инфраструктуру в местах разработки месторождений полезных ископаемых открытым способом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бартоломей А.А., Брандл Х., Пономарев А.Б. Основы проектирования и строительства хранилищ отходов. М.: Изд-во АСВ, 2004. 144 с., с илл.
2. Оленьков В.Д. Градостроительное планирование на нарушенных территориях. М.: Изд-во ЛКИ, 2007. 192 с.
3. Потапов П.А., Пупырев Е.И., Потапов А.Д. Методы локализации и обработки фильтрата полигонов захоронения твердых бытовых отходов. Монография. М.: Изд-во АСВ, 2004. 168 с., 79 илл.
4. Черепанский М.М., Коробейников Б.И., Злебова А.Е., Гречко А.М. Многофункциональная автоматизи-

рованная система моделирования движения подземных вод и оценка влияния их отбора на окружающую среду. Монография. Минск: Изд-во «ЦНИИКИВР», 1999. 198 с.

5. Черепанский М.М., Коробейников Б.И., Злебова А.Е. Моделирование процессов геофильтрации и геомиграции в районах захоронения промышленных бытовых отходов с целью прогнозирования качества подземных вод (статья) // Природопользование и охрана окружающей среды-2000. Блок 2. Природные ресурсы (оценка состояния, оценка воздействия, прогноз, оптимизация использования). Минск: ИПИПРЭНАН Беларуси, 2000. С. 34—35.

REFERENCES

1. Bartolomey A.A., Brandl H., Ponomarev A.B. *Fundamentals of design and construction of waste storage*. M., Publishing house DIA, 2004, 144 p. (In Russian).
2. Olenkov V.D. *Urban planning in disturbed areas*. M., LKI Publ., 2007, 192 p.
3. Potapov P.A., Pupyrev E.I., Potapov A.D. *Methods of localization and processing of filtrate from landfills for solid municipal waste*. Monograph. M., DIA publishing house, 2004, 168 p.
4. Cherepansky M.M., Korobeynikov B.I., Zlebova A.E., Grechko A.M. *Multifunctional automated system for modeling the*

movement of groundwater and the assessment of the impact of their selection on the environment. Monograph. Minsk, TsNIKIIVR Publishing House, 1999, 198 p.

5. Cherepansky M.M., Korobeynikov B.I., Zlebova A.E. Simulation of geofiltration and geomigration processes in areas of industrial domestic waste disposal in order to predict groundwater quality (article). *Sat, Nature Management and Environmental Protection-2000. Block 2. Natural resources (state assessment, impact assessment, forecast, optimization of use)*. Minsk: IPIPRENAN Belarus Publ., 2000, pp. 34—35.

РЕАГЕНТНЫЙ МЕТОД РЕГЕНЕРАЦИИ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ СКВАЖИН

А.Я. ТРЕТЬЯК, В.В. ШВЕЦ

*Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) им. М.И. Платова
132, Просвещения ул. г. Новочеркасск, 346428, Ростовская обл.,
e-mail: 13050465@mail.ru*

Установлены временные рамки межремонтного периода эксплуатации гидрогеологических скважин. Приведены причины уменьшения дебита скважин в процессе их длительной эксплуатации. Описаны способы декольматации гидрогеологических скважин и прифильтровой зоны. Показано, что импульсно-регентные регенерации скважин являются наиболее распространенными. Приведен состав кольматации фильтра и обозначена причина выхода фильтра из строя. На специально разработанной установке выполнены лабораторные исследования, приведен её рисунок. Предложен на уровне изобретения раствор, состоящий из сульфаминовой и трехуксусной кислоты, ингибитора коррозии, поверхностно-активного вещества, триполифосфата натрия, адалиновой кислоты, воды. Применение таких химических реагентов позволило добиться синергетического эффекта. Разработан и приведен рисунок двойного сваб-пакера и промывочного устройства для регенерации скважин, описана технология их применения. Установлено оптимальное время регенерации закольматированного фильтра и результат лабораторных исследований приведен в таблице. Дано описание применяемого химического оборудования для транспортировки и хранения применяемых химических реагентов. Показано, что разработанный раствор для регенерации скважин является оптимальным, эффективность его применения на 40% выше, чем применение известного раствора. Разработанный раствор рекомендуется для применения в полевых условиях при регенерации гидрогеологических скважин.

Ключевые слова: регенерация гидрогеологических скважин; многокомпонентный кольматант; раствор; двойной сваб-пакер; эффективность регенерации.

DOI:10.32454/0016-7762-2018-5-78-82

THE REAGENT METHOD OF THE HYDROGEOLOGICAL WELLS REGENERATION

A.YA. TRET'YAK, V.V. SHWETS

*Platov South-Russian State Polytechnical University (NPI);
132 Prosveshcheniya street, Novocherkassk 346428, Rostov-na-Donu region, Russia
e-mail: 13050465@mail.ru*

The paper presents the timeframe of the under-stream period of hydrogeological well operation. The causes of the hydrogeological wells flowrate reducing while long operation have been indicated. The methods of the hydrogeological wells and near-filters zone decolmatation have been described. The pulse-reagent well recovery has been shown to be the most widely used method. The filter colmatant composition has been given and the possible filter failure cause has been shown. Laboratory investigations have been done with a special equipment that can be seen on the drawing. A solution of sulfamic and triacetate acid, corrosion inhibitor, surfactant, sodium tripolyphosphate, adalic acid and water has been suggested as an invention. Using of these chemicals allowed to achieve the synergistic effect. A double swab-packer and a washing device for wells regeneration has been designed, its description and drawing have been given. The optimal time for the colmated filter regeneration has been indicated. Laboratory investigations results are given in the table. The chemic equipment used for chemicals transportation and keeping of the reagents has been described. The created solution for hydrogeological wells regeneration has been shown to be the optimal and its using efficiency is forty percent more than that of the known one. The created solution is recommended for hydrogeological wells regeneration in field works.

Keywords: the hydrogeological wells regeneration; the mud; the multicomponent colmatant, the double swab packer; efficiency of the regeneration.

Каждая скважина имеет межремонтный период — время, в течение которого она обеспечивает постоянный дебит при допустимом понижении уровня воды. После его окончания удельный дебит скважины очень быстро уменьшается, так как интенсивность кольматации фильтра значительно ускоряется. Про-

должительность межремонтного периода по опыту эксплуатации многих скважин не превышает 3—4 года и зависит от конструкции фильтра и химического состава подземных вод. Поскольку нормативный срок эксплуатации скважин в зависимости от их конструкции и свойств подземных вод составляет 8, 15

и даже 20 лет, то очевидно, необходимо обязательно планировать работы по регенерации скважин.

Уменьшение дебита скважин в процессе её длительной эксплуатации возможно из-за колюматации фильтра и прифильтровой зоны, образования песчаной пробки внутри фильтра. Следовательно, способы регенерации скважин можно разделить на способы деколюматации фильтра и прифильтровой зоны и способы ремонта пескующих скважин.

Способы деколюматации фильтра и прифильтровой зоны по характеру воздействия на колюматант делятся на импульсные и реагентные. Импульсные способы деколюматации основаны на разрушении колюматанта ударными волнами и импульсными потоками жидкости [1, 4, 5].

Наиболее распространенными импульсными способами являются электрогидроударный и пневмоимпульсный. Реагентный способ деколюматации основан на растворении колюматанта различными кислотами или их солями. При обработке скважин применяются в основном жидкие или порошкообразные реагенты.

Импульсно-реагентные методы были разработаны ВНИИ ВОДГЕО для восстановления дебита скважин, эксплуатировавшихся длительное время или имеющих неоднородную в разрезе прифильтровую зону. Использование других методов на таких скважинах было малоэффективным.

Сочетание разрушения колюматанта с интенсивным гидродинамическим воздействием в прифильтровой зоне скважины улучшает извлечение колюматирующих образований. Различают три разновидности импульсно-реагентных методов: производство взрыва ТДШ, электрогидроудар, пневмовзрыв с последующей реагентной обработкой. Сочетание реагентной обработки с одновременным импульсным воздействием производится дискретно с импульсом небольшой интенсивности и характеризуется частотными (вибрационными) параметрами. К этой группе методов относят вибро-реагентные низкочастотные способы, основанные на использовании механических вибраторов типа ВУР-2, ВУР-3, электровибрирование и реагентно-акустические, [2, 3].

Выпадение осадков на фильтрах связано с нарушением химического равновесия в пласте и происходит при отборе подземных вод. Нарушение химического равновесия определяется десорбцией свободной углекислоты вследствие изменения её парциального давления. Колюматант многокомпонентный, в его составе присутствует кальцит $\text{Ca}(\text{CO}_3)$, сидерит $\text{Fe}(\text{CO}_3)$, магнезит $\text{Mg}(\text{CO}_3)$, пирит FeS_2 , пиролюзит MnO_2 и другие труднорастворимые соединения, которые забивают фильтрующую сетку, и скважины выходят из строя.

Применение технической воды в качестве жидкости для регенерации водоносного горизонта и фильтра не решает достаточно полно эту проблему.

Поэтому с целью выбора наиболее эффективной промывочной жидкости для регенерации скважин были проведены лабораторные работы. Процесс разрушения колюматанта при промывке скважины моделировался на специально разработанной лабораторной установке (рис. 1).

С целью определения оптимального состава раствора для регенерации гидрогеологических скважин было выполнено испытание целого ряда химических реагентов.

К недостаткам известных растворов относятся: слабая активность по отношению к карбонатным породам, низкая степень очистки фильтра гидроге-

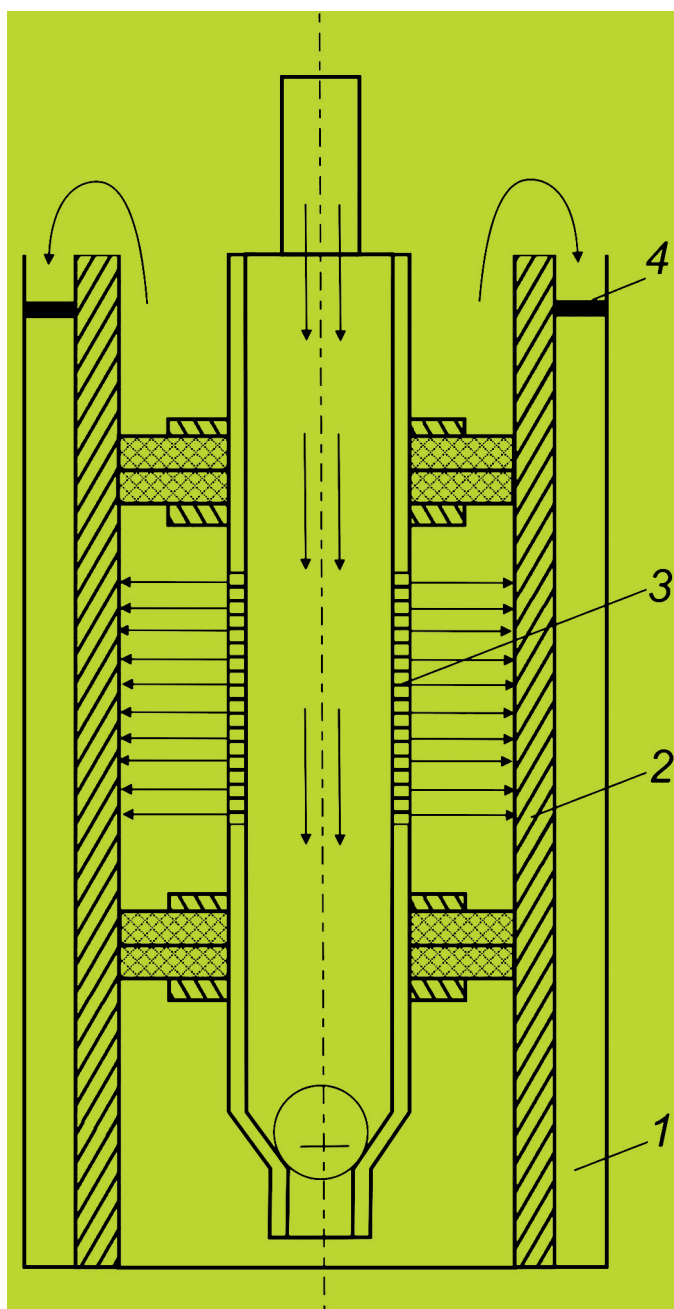


Рис. 1. Лабораторная установка для выбора эффективной промывочной жидкости: 1 – сосуд из оргстекла, 2 – сетчатый фильтр, 3 – сваб-пакер, 4 – манжетное уплотнение

ологических скважин. Была поставлена задача добиться получения синергетического эффекта и создать реагент с высокой растворимостью кольянта и с наименьшим воздействием на фильтр.

Поставленная задача была решена за счёт того, что в известный реагент для регенерации фильтров гидрогеологических скважин, содержащий сульфаминовую кислоту, трихлоруксусную кислоту, ингибитор коррозии КПИ-19, поверхностно-активное вещество — ПАВ ОП-10 — и воду [6] при следующем соотношении компонентов, мас. %: трихлоруксусная кислота 10–15; сульфаминовая кислота 8–10; ингибитор коррозии КПИ-19 0,3–0,5; поверхностно-активное вещество — ПАВ ОП-10 0,5–1,0, вода — остальное, вводят дополнительно триполифосфат натрия 8–12 и адипиновую кислоту 8–12.

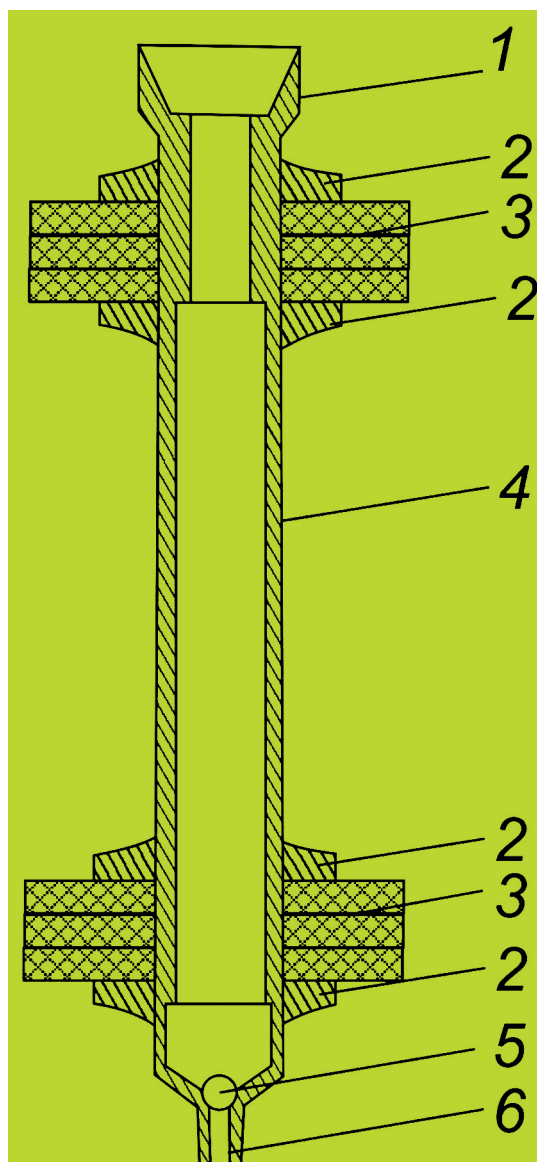


Рис. 2. Двойной сваб-пакер: 1 — переходник; 2 — шайба металлическая; 3 — резиновые манжеты; 4 — перфорированный патрубок; 5 — металлический шар; 6 — переходник

Для регенерации гидрогеологических скважин на Каменском водозаборе Ростовской области нами предложен реагентный метод восстановления дебита, заключающийся в применении двойного сваб-пакера и промывающего устройства для регенерации фильтра. Раствор, состоящий из трихлоруксусной кислоты (8–10%), сульфаминовой кислоты (6–8%), триполифосфата натрия (8–10%), адипиновой кислоты (8–10%); ингибитора коррозии — КПИ 19, поверхностно-активного вещества — ОП-10 (0,5–1,0%) и воды, прокачивают через двойной сваб-пакер (рис. 2).

Двойной сваб-пакер обладает самоуплотняющимися уплотнителями манжетного типа, в которых уплотнительные элементы в свободном состоянии имеют больший диаметр, чем внутренний диаметр фильтра и прижимаются за счёт внутренних упругих сил.

Принцип работы самоуплотняющихся элементов аналогичен принципу действия манжетных уплотнений, применяемых в гидравлических и пневматических устройствах. Контактное давление на их запирающих поверхностях подчиняется зависимости [1]:

$$P_k = aP + P_0, \quad (1)$$

где a — коэффициент пропорциональности; P — давление запираемой среды; P_0 — контактное давление при отсутствии перепада давлений.

Регенерация водоносного горизонта и наружной поверхности фильтра производится следующим образом. Двойной сваб-пакер опускается в отстойник фильтровой колонны и соединяется при помощи перехода 6 с замком 2 промывочного устройства (рис. 3).

После этого, буровым насосом прокачивают промывочную жидкость через двойной сваб-пакер и промывочное устройство. Промывочная-жидкость, поднимаясь, разглинизирует водоносный горизонт и фильтр. Промывка фильтровой колонны изнутри осуществляется после того, как по колонне буровых труб будет спущен стальной шар внутрь сваб-пакера. Стальной шар закрывает отверстие клапана и промывочная жидкость, пройдя через ёрш, декольматирует фильтр изнутри. После этого, поднимая и опуская сваб-пакер, производят периодическую промывку фильтра изнутри. После выполнения двух операций по декольматации производят заключительную операцию — свабирование в интервале фильтра двойным сваб-пакером.

В предлагаемой методике освоения гидрогеологических скважин существенную роль играет промывочное устройство (рис. 3). Замок диаметром 50 мм имеет левую резьбу для соединения с замком сваб-пакера. После спуска бурового снаряда со сваб-пакером и соединения последнего с промывочным устройством путём поворота бурового снаряда вле-

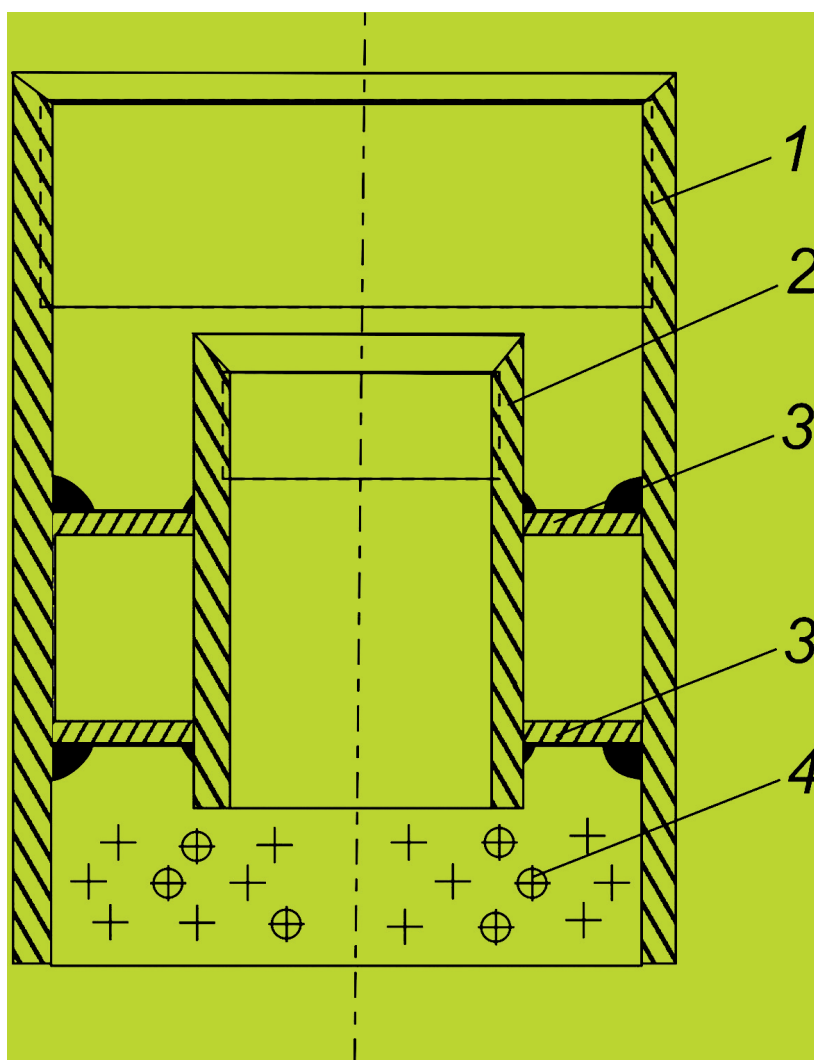


Рис. 3. Промывочное устройство: 1 — корпус; 2 — замок; 3 — центрирующие шайбы; 4 — отверстия

во нагнетают промывочную жидкость. При этом струя восходящего потока, выходя из промывочного устройства, будет непосредственно воздействовать на водоносный горизонт и поверхность фильтра. По окончании работ поворотом инструмента вправо производят освобождение бурового инструмента от промывочного устройства и выполняют следующую операцию по регенерации скважины.

Анализ эффективности применяемых способов регенерации гидрогеологических скважин показывает, что по степени достоверности разработанный способ в среднем даёт более высокие дебиты, чем применяемые до сих пор. Применение его на производственных объектах по ориентировочному расчёту позволит дополнительно получить значительное количество воды при общей экономии затрат за счет сокращения сроков работ по регенерации скважин».

Предложенные реагенты, наряду с защитой от коррозии, разрушают кристаллы солей CaCO_3 , MgCO_3 , CaSO_4 и предотвращают образование кристаллических структур этих солей.

За счёт предложенного состава химических реагентов удалось добиться синергетического эффекта, т. е. каждый последующий реагент усиливает растворимость отложений солей на фильтрующей поверхности фильтра. Экспериментальные исследования по влиянию каждого в отдельности предложенного химреагента на растворимость кольматанта не выполнялась. Технология регенерации фильтров гидрогеологических скважин заключается в следующем: смешивают сухокислотные компоненты — триполифосфат натрия, сульфаминовую, трихлоруксусную и адипиновую кислоты, полученную смесь растворяют в воде и перемешивают в растворомешалке, добавляя ингибитор коррозии и поверхностно-активное вещество ОП-10.

После этого с помощью бурового насоса прокачивают полученный раствор через гидроёрш, спущенный внутрь фильтра, при этом гидроёрш перемещается на буровых трубах с помощью лебедки бурового станка вверх — вниз по всей длине фильтра. Тонкие струи раствора размывают кольматант

Растворение образцов фильтра		
Номер раствора	Время растворения 45 мин.	
	Состав раствора, %	Растворение кольматанта, г
1	1. Трихлоруксусная кислота 17	
	2. Сульфаминовая кислота 11	9,7 (образец №1)
	3. Ингибитор коррозии КПИ-19 0,5	9,9 (образец №2)
	4. ПАВ — ОП-10 1,0	10,1 (образец №3)
	5. Вода — остальное	
2	1. Трихлоруксусная кислота 17	
	2. Сульфаминовая кислота 11	13,7 (образец №1)
	3. Ингибитор коррозии КПИ 19 0,5,	13,8 (образец №2)
	4. ПАВ-ОП-10 1,0	13,9 (образец №3)
	5. Триполифосфат натрия 12	14,0 (образец №4)
	6. Адипиновая кислота 12	
	7. Вода — остальное	

изнутри и он выносится потоком промывочного раствора на поверхность.

С целью подтверждения эффективности предлагаемого раствора в лабораторных условиях было выполнено растворение образцов закальматированного фильтра в течение оптимального времени — 45 мин. (таблица). Анализ таблицы позволил установить эффективность предлагаемого раствора для растворения кольматанта в среднем на 40% выше, чем эффективность известного раствора [5].

Для реагентной обработки скважин применяется следующее оборудование: ёмкости в кислотостойком исполнении для хранения и доставки реагента к скважине, заливочная ёмкость, устройство

для герметизации скважины, насос для перекачки кислоты, контрольно-измерительная аппаратура и эрлифт.

Выводы

1. Предложен, на уровне изобретения, эффективный раствор для регенерации фильтров гидрогеологических скважин.

2. Эффективность предлагаемого раствора в среднем на 40% выше, чем эффективность известного раствора [5].

3. Разработанный раствор рекомендуется для применения в полевых условиях при регенерации гидрогеологических скважин.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гаврилко В.М., Алексеев В. С. Фильтры буровых скважин. Р-н-Д: Феникс, М.: Недра, 2017. 358 с.
2. Трет'як А.Я., Чихоткин В.Ф., Павлунишин А.П. Техника и технология сооружения гидрогеологических скважин. Р/Д.: ЮНЦ РАН, 2006. 408 с.
3. Федоров Ю.С., Петров А.А. Предупреждение кольматации фильтров гидрогеологических скважин. // Разведка и охрана недр. 1974. №7. С. 56—58.
4. Фоменко В.И. Подбор и расчет фильтров дренажных и водозаборных скважин // Мелиорация, гидротехника и водоснабжение. 1975. Вып. 3, Горки: Изд-во БСХА. С. 241—247.
5. Трет'як А.Я., Бурда М.Л., Онофриенко С.А., Трет'як А.А. Патент РФ № 2482153, бюллетень № 14. опубликовано 20.05. 2013.
6. Black J.M., Kipp K.L. Observation well response time and its effect upon aquifer test results. // Hydrol., 1977. Vol. 34. P. 297—306.

REFERENCES

1. Gavrilko V.M., Alekseev V.S. *Filtry burovyyh skvazhin* [Well-bore filters.] Rostov-na-Donu, «Feniks», Publ, M., Nedra Publ., 2017, 358 p. (in Russian).
2. Tret'yak A.Ya., Chihotkin V.F., Pavlunishin A.P. *Tekhnika i tehnologiya sooruzheniya gidrogeologicheskikh skvazhin* [Technology and technique of hydrogeological wells constructing] YuNTs RAN, 2006, 408 p. (in Russian).
3. Fedorov Yu.S., Petrov A.A. *Preduprezhdenie kolmatatsii filtrov gidrogeologicheskikh skvazhin* [The prevention of the hydrogeological wells filters colmatation], *Razvedka i okhrana nedr* — [Mineral exploration and protection], 1974, no 7, pp. 56—58. (in Russian).
4. Fomenko V.I. *Podbor i raschet filtrov drenaznykh i vodozabornykh skvazhin* [Matching and calculation of the drain holes and water-supply wells filters] *Melioratsiya, gidrotekhnika i vodosnabzhenie* — [Melioration, hydrotechnics and water supply], 1975, no 3, Gorki, BSKhA Press, pp. 241—247, (in Russian).
5. Tret'yak A.Ya., Burda M.L., Onofrienko S.A., Tret'yak A.A. RF patent no 2482153, bulletin 14, published in 20.05, 2013.
6. Black J.M., Kipp K.L. [Observation well response time and its effect upon aquifer test results.] *Hydrol*, 1977, vol. 34, pp. 297—306.