

Редкие элементы в каменных углях Огоджинского месторождения (Верхнее Приамурье, Дальний Восток России)

Приведены результаты геохимического анализа содержания редких элементов в каменных углях пласта V–VI юго-восточной части Огоджинского месторождения. Коэффициенты концентрации показывают низкие содержания практически всех редких и рассеянных элементов в опробованной части пласта. Парная корреляция и проекция переменных величин химических элементов на факторную плоскость позволяют выделить не менее двух групп элементов: первая группа – Nd, Pr, Ce, La, Gd, Sm, Tb, Dy, Y, Ho, Er, Eu, Tm, Yb, Lu, Pb, вторая – Be, Rb, Mo, Cr, Ge, Co, Sc, V, Nb, U, Th, Cs, Sn, Li, Hf, Ga, Zr. Группировка редких элементов по геохимическим связям позволяет предположить наличие двух обособленных металлогенических источников. Перспективы выявления промышленных содержаний редких элементов в угольных отложениях Огоджинского месторождения остаются достаточно высокими.

Ключевые слова: Огоджинское месторождение, каменный уголь, геохимические связи, коэффициент концентрации, парная корреляция, цветные металлы, редкие элементы, осадочный бассейн, микрокомпоненты, складки.

БЕЛОЗЕРОВ НИКОЛАЙ ИВАНОВИЧ, кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник ВАК, nibic@rambler.ru

ДУГИН СЕРГЕЙ ВАДИМОВИЧ, младший научный сотрудник, duservad@gmail.com.

ГИРЕНКО ИРИНА ВИТАЛЬЕВНА, ведущий инженер, girenko66@inbox.ru

ФГБУН Институт геологии и природопользования Дальневосточного отделения Российской академии наук (ИГиП ДВО РАН), г. Благовещенск

Rare elements in coal of the Ogodzha deposit (Upper Amur Region, Russian Far East)

N. I. BELOZEROV, S. V. DUGIN, I. V. GIRENKO

FSBIS Institute of Geology and Environmental Management, FEB RAS, Blagoveshchensk

Results of geochemical analysis for rare elements are present for coals of the Seam V-VI in the southeastern portion of the Ogodzha deposit. The concentration coefficients demonstrate low contents of almost all rare and dispersed elements in the sampled section of the coal seam. The pair correlation and projection of variable values of the chemical elements onto the factor plane allow one to distinguish at least two groups of elements: the first group, Nd, Pr, Ce, La, Gd, Sm, Tb, Dy, Y, Ho, Er, Eu, Tm, Yb, Lu, and Pb, and the second group, Be, Rb, Mo, Cr, Ge, Co, Sc, V, Nb, U, Th, Cs, Sn, Li, Hf, Ga, and Zr. The grouping of rare elements according to the geochemical correlations suggests the presence of two separate metallogenic sources. The prospects for discovery of commercial-grade contents of rare elements in coals of the Ogodzha deposit remain quite high.

Key words: Ogodzha deposit, coal, geochemical correlations, concentration coefficient, pairwise correlation, base metals, rare elements, sedimentary basin, microcomponents, folds.

Введение. Верхнее Приамурье – один из крупнейших угленосных бассейнов Дальнего Востока России. В его пределах известны промышленные месторождения каменного (раннемелового) и бурого (палеогенового и неогенового возраста) угля с высоким прогнозным потенциалом [18, 20].

Нижнемеловые угленосные отложения распространены на юго-западной окраине Зейско-Буре-

инского бассейна и на северо-востоке Приамурья, в зоне сопряжения Туранского (Буреинского) массива и Монголо-Охотской складчатой области. Геологическое строение района изучено в процессе геолого-съёмочных работ масштаба 1: 200 000 [1, 7, 11, 12, 14, 19, 21]. Территория охвачена геохимическими поисками при проведении геологической съёмки и геохимическими обобщениями

по результатам этих работ [9, 10]. Разведочные работы произведены Ю. А. Агафоновым [8]. Металлоносность их не изучена.

Целью настоящего исследования являются обобщение геологических и геохимических материалов по нижнемеловым угленосным отложениям Северо-восточного Приамурья и предварительный анализ собранных авторами данных по их металлоносности.

Характеристика объектов и методы исследования. В качестве объекта для изучения рассмотрена Гербикино-Огоджинская угленосная площадь – наиболее доступная для проведения экспедиционных работ. Она включает Огоджинское

и Сугодинское месторождения каменных углей и два участка: Гербикинский и Дигатканский [8]. Эти месторождения и участки расположены в пределах полосы выхода продуктивных отложений огоджинской свиты раннемелового возраста шириной 2–10 км и протяжённостью до 120 км. Отложения огоджинской свиты залегают на размытой поверхности Туранского (Буреинского) массива, отделённого от Монголо-Охотской складчатой области Пауканским разломом. Они представлены ритмично чередующимися песчаниками, алевролитами, реже гравелитами, с пластами углей и углистых пород. Породы собраны в волнообразные складки северо-западного простирания под углом

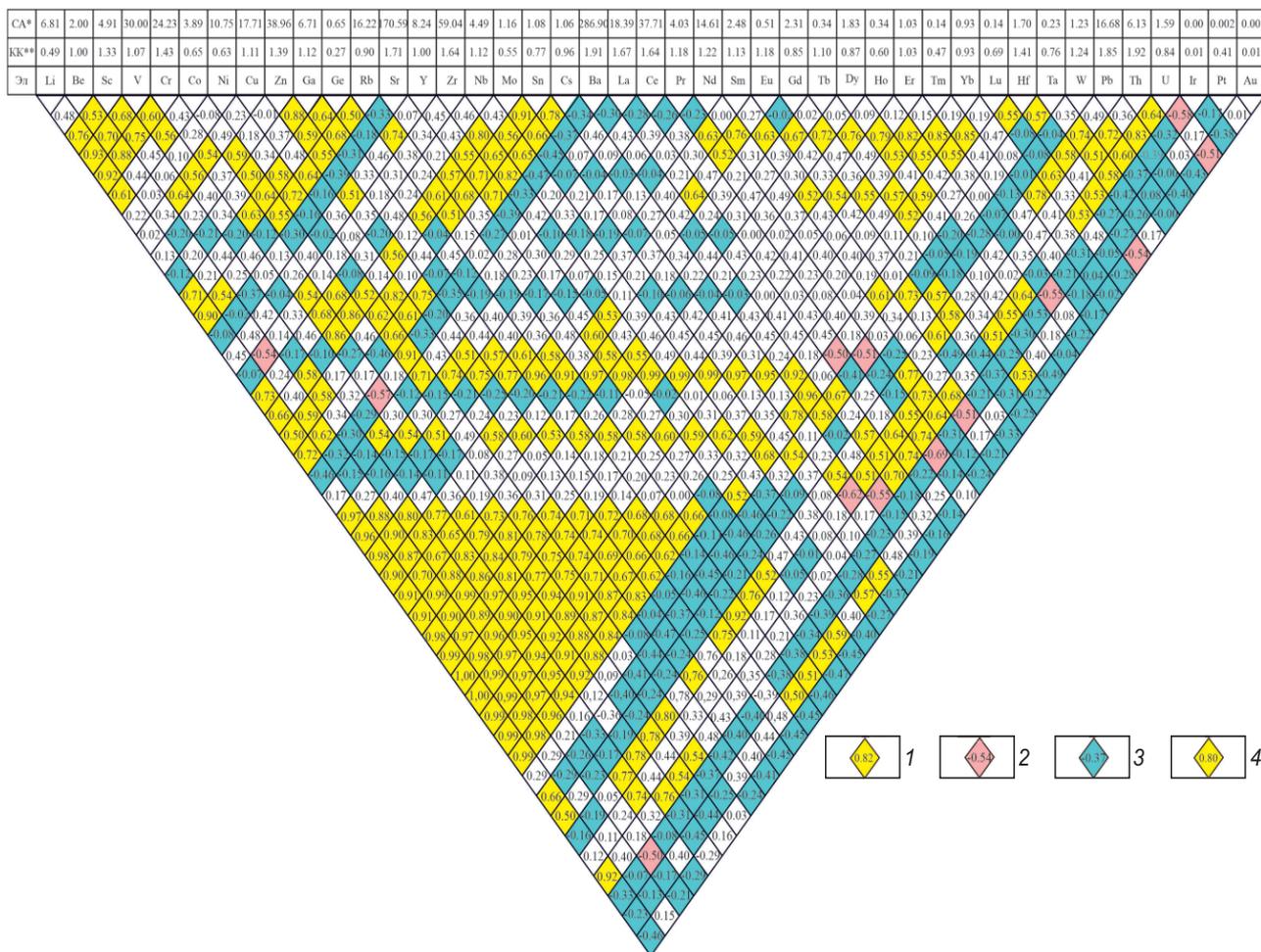


Рис. 1. Показатели парной корреляции химических элементов в каменных углях (16 проб):

1–4 – корреляция: 1 – положительная значимая, 2 – положительная незначимая, 3 – отрицательная значимая, 4 – отрицательная незначимая; SA* – среднее арифметическое; KK** – коэффициент концентрации

8–10°, иногда до 20°. Свита разделена на 3 под-свиты: нижнюю, слабопродуктивную, с пластами IV-1 и IV-2, среднюю – продуктивную, с пластами V–VI, VII, VIII, IX и верхнюю – слабопродуктивную, с пластами X, XII. Общая мощность свиты порядка 1150 м, из которых 450 м приходится на продуктивную – среднюю.

В качестве перспективного объекта авторами выбрана южная окраина Огоджинского месторождения на участке (карьере) Контактном с выдержанным по простиранию объединяющимся пластом V–VI мощностью до 55 м. Пласт угля состоит из 11 пачек, разобъённых прослоями алевролитов, песчаников и послойными и секущими линзами андезитов и их туфов. Угли чёрные, блестящие, длиннопламенные (Д), реже СС, Т, что обусловлено контактовым метаморфизмом под влиянием силлов и даек андезитов, диабазов, диабазовых порфиринов. Пласт опробован в одном сечении бороздовым методом в верхней пачке мощностью 10,8 м. Длина каждой пробы 0,6 м. Прослой туфов (0,4 м) и глинистых сланцев (0,6 м) опробовались отдельно. Всего отобрано 16 проб угля, 4 пробы туфов и 1 проба глинистых сланцев.

Все пробы анализировались в Аналитическом центре Института тектоники и геофизики ДВО РАН (г. Хабаровск) на 46 элементов на масс-спектрометре ICP-MSElan 9000 (Канада). Химический состав пород изучен спомощью масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (ICP-MS) (Cs, Ga, Rb, Sr, Ba, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Y, Nb, Hf, Ta, Th, U, Pb). Пробы углей предварительно обжигались при температуре 450 °С, что обеспечивает удаление основного объёма свободного углерода, но не сопровождается улетучиванием других элементов. В качестве стандарта использовался образец состава SCo-1 (глинистый сланец).

Для калибровки ICP-MS спектрометра применялся стандартный раствор PEN 9300231–9300234. Кислотное растворение образцов проводили в HCl, HNO₃, HF и HClO₄. Измерения проводились в стандартном режиме согласно ПНД Ф16.1.2.3.3.11–98 КХА ИСП в твёрдых объектах (Количественный химический анализ, методика выполнения измерений содержания металлов в твёрдых объектах методом ИСП-МС) на системе ICP-MSPerkin ELAN 9000 (PerkinElmer, Уолтем, Массачусетс, США), чувствительность которой по всей шкале масс была откалибрована с использованием стандарт-

ных эталонных растворов, содержащих все элементы, подлежащие анализу в образцах. Относительная погрешность измерения главных и малых элементов составляла 3–10%.

Результаты работ и их обсуждение. Аналитическими работами установлены невысокие содержания редкоземельных, редких рассеянных, редких тугоплавких и радиоактивных элементов, а также цветных и благородных металлов в углях и прослоях туфов и глинистых сланцев. Лишь 5 элементов (Ba, Sr, La, Ce, Zr) составляют концентрацию выше 1,5 (Коэффициент концентрации (КК) = 1,91–1,64). Три элемента (Hf, Ta, W) имеют концентрацию в два и более раза ниже кларковой. Ru, Rh, Pd в углях содержатся в количестве на два порядка ниже кларкового уровня, вследствие чего в расчётах не учитывались. В почве пласта содержание значительной части элементов (Rb, Ba, Ce, Nd, Pr, Sm, Gd, Tb, Dy, Ho, Er) в 1,5–2 раза выше, чем в среднем по пласту. Колебания содержаний в остальных пробах незначительны и их среднеарифметические и среднегеометрические показатели близки.

Анализ парных корреляционных связей [6] химических элементов в углях наглядно показал их групповые геохимические зависимости (рис. 1). Проекция переменных величин химических элементов на факторную плоскость (рис. 2), дополняя результаты парных корреляций, конкретизирует выделение двух групп элементов. Первая группа представлена Nd, Pr, Ce, La, Gd, Sm, Tb, Dy, Y, Ho, Er, Eu, Tm, Yb, Lu, Pb, вторая группа – Be, Rb, Mo, Cr, Ge, Co, Sc, V, Nb, U, Th, Cs, Sn, Li, Hf, Ga, Zr. Распределение химических элементов в каменных углях позволяет предположить 2 чётко обособленных по составу источника поступления их в осадочные толщи. Такими источниками могут быть: 1) гранитоиды и породы средне-основного состава (габбро, габбро-диориты) позднего мезозоя, 2) Гранитоиды палеозоя. К аналогичному мнению о генезисе рудных проявлений пришли и другие исследователи [1, 7, 8, 11, 12, 14, 15, 19, 21].

Cu, Zn, Pt, Sr, Ba, Ir, Au, W, Ta, Ni поступали в угленосные толщи из различных «второстепенных» источников – кварцевых жил, акцессорных минералов метаморфических пород, контактово-метасоматических образований.

Заключение. Невысокие содержания редких и рассеянных элементов в опробованном разрезе пласта не означают, что Огоджинское месторо-

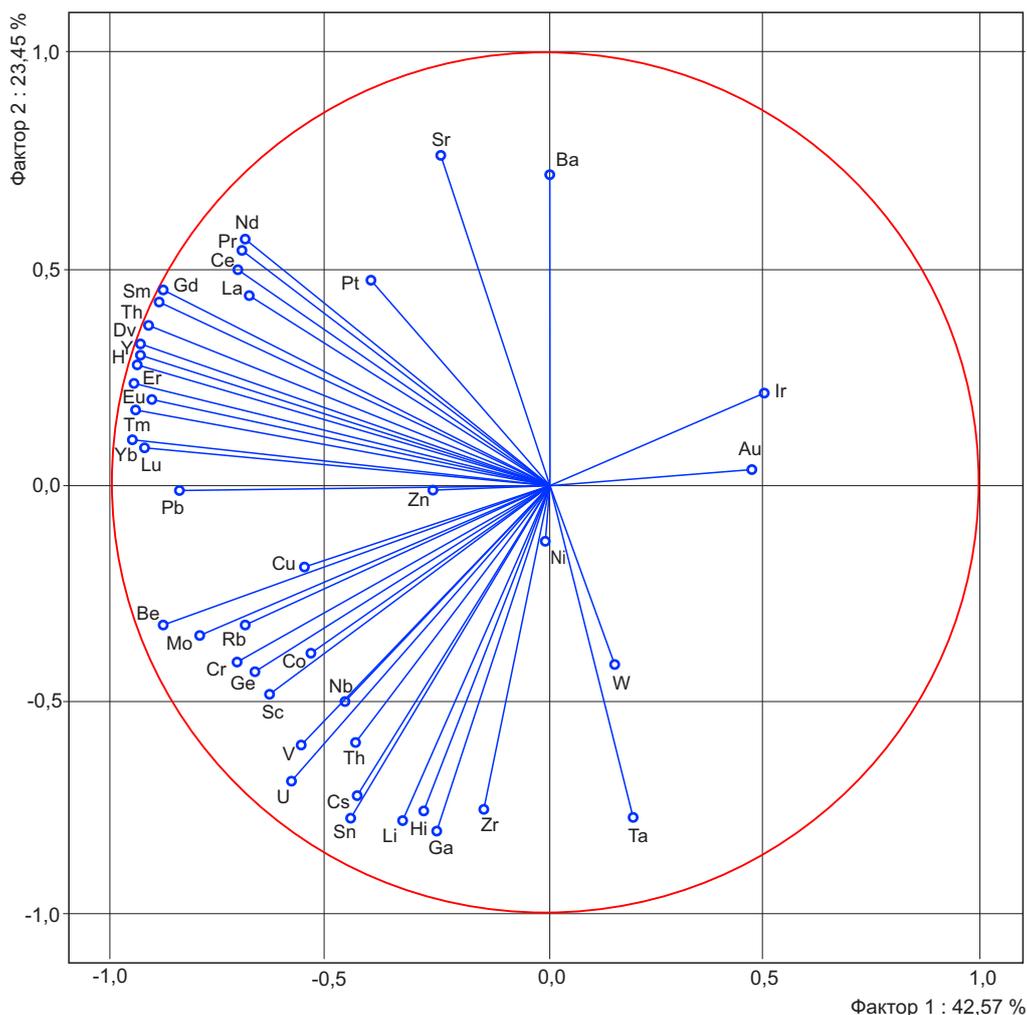


Рис. 2. Проекция переменных величин химических элементов на факторную плоскость

ждение бесперспективно на наличие редкометалльного оруденения промышленного масштаба. Значительный потенциал сырьевой базы региона [8] и высокие предпосылки накопления рудного вещества в осадочных толщах депрессий дают основание для изучения угленосных отложений депрессионных зон. Ознакомление с материалами [2–4] по редкометалльному оруденению Кузнецкого, Минусинского бассейнов и углей Красноярского края позволяет с оптимизмом относиться к рудному потенциалу Огоджино-Гербикианского месторождения. Тем более, что потребность в редкометалльном сырье высокая [15, 17, 20]. В результате геолого-съёмочных и разведочных работ в пределах водосбора верховьев реки Селемджи, выше Огоджа-Сугодинской и Гербикианской

депрессий выявлены [13], (рис. 3) более восьмидесяти рудопроявлений Au, Sn, W, Cu, Zn, Pb, Fe, Hg, Mo, Be, Th, U, редких земель, а также магнетита, графита, родонита, флюорита. В многочисленных геохимических ореолах рассеяния элементов отмечены повышенные концентрации перечисленных элементов. Ранее [5, 16, 17] нами отмечалось разломно-блоковое строение региона с разновозрастным вертикальным перемещением блоков. Различные полезные компоненты, высвобождающиеся из поднятых блоков, отлагались неравномерно по разрезу осадочных толщ депрессий. Следовательно, концентрация их в угольных пластах подчинялась тектоническому циклу отложений и не зависит от мощности угольных отложений.

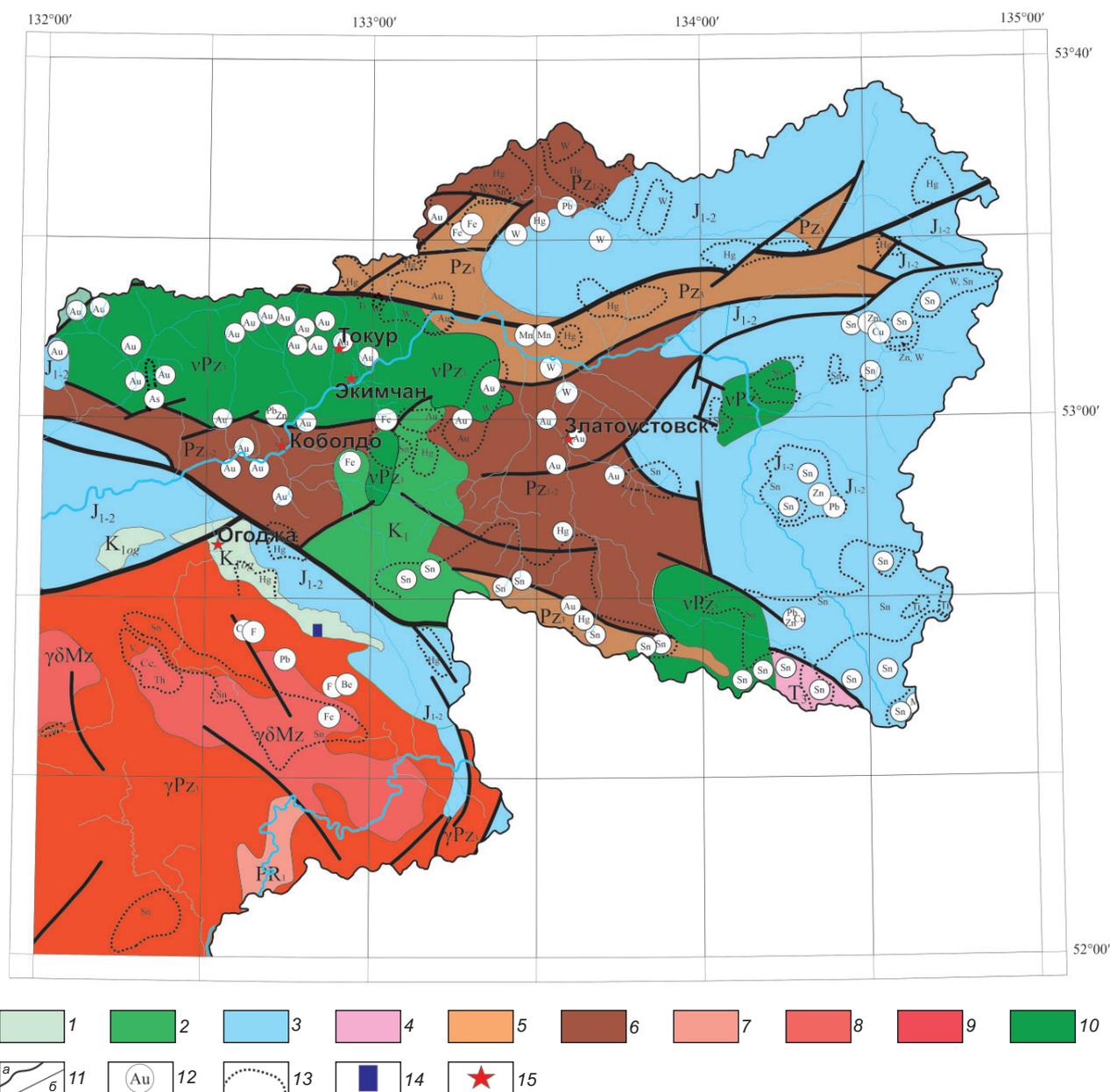


Рис. 3. Схема геологического строения Огодзино-Кербинского региона. По [13], с обобщениями:

1 – огоджинская свита (песчаники, алевролиты, углистые алевролиты и сланцы (с пластами каменного угля), K_1og); 2–8 – толща: 2 – раннемеловых кварцевых порфиров, порфириров и их туфов (K_1), 3 – нижне-верхнеюрских песчаников, алевролитов, глинистых сланцев (J_{1-2}), 4 – верхнетриасовых песчаников, прослоев алевролитов, седиментационных брекчий (T_3), 5 – верхнепалеозойских серицит-кварцевых сланцев, серицитизированных песчаников (PZ_3), 6 – нижне-среднепалеозойских кварц-сланцевых сланцев, кварц-полевошпатовых песчаников (PZ_{1-2}), 7 – нижнепротерозойских биотит-хлорит-роговообманковых, биотит-хлорит-гранатовых гнейсов (PR_{1-2}), 8 – мезозойских гранодиоритов, гранит-порфиров, кварцевых порфиров, туфы ($\gamma\delta Mz$); 9 – позднепалеозойские двуслюдяные граниты (γPZ_3); 10 – позднепалеозойские метаморфизованные габбро (vPZ_3); 11 – тектонические нарушения: а – региональные, б – локальные; 12 – месторождения и рудопроявления полезных ископаемых; 13 – ореолы рассеяния рудных элементов; 14 – место отбора проб; 15 – населённые пункты

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Анойкин А. К.* Карта полезных ископаемых СССР и объяснительная записка. Масштаб 1 : 20 000. Лист N-53-XXVII. Серия Удская / Ред. Л. И. Красный. – М. : Аэрогеология, 1978. – 106 с.
2. *Арбузов С. И., Ершов В. В.* Геохимия редких элементов в углях Сибири. – Томск : Д-Принт, 2007. – 468 с.
3. *Арбузов С. И., Ершов В. В., Поцелуев А. А.* [и др.] Редкие элементы в углях Кузнецкого Бассейна. – Кемерово : Издательство Кемеровский полиграфкомбинат, 2000. – 248 с.
4. *Арбузов С. И., Ершов В. В., Рихванов Л. П.* [и др.] Редкометалльный потенциал Минусинского бассейна. – Новосибирск : изд-во СО РАН, филиал «ГЕО», 2003. – 347 с.
5. *Белозеров Н. И., Савченко И. Ф., Гиренко И. В.* Путь органического вещества континентальных осадков на примере Амуро-Зейского бассейна (Верхнее Приамурье) // Отечественная геология. – 2018. – № 3. – С. 78–84.
6. *Беус А. А., Григорян С. В.* Геохимические методы поисков и разведки месторождений полезных ископаемых. – М. : Недра, 1975. – 280 с.
7. *Брагинский С. М.* Карта полезных ископаемых и пояснительная записка. Масштаб 1 : 200 000. Лист N-53-XXXI. Серия Хингано-Буреинская / Ред. А. П. Глушков. – М. : Всесоюзный геол. фонд, 1971. – 92 с.
8. *Васильев И. Н., Капанин В. Н., Ковтонюк Г. П.* Минерально-сырьевая база Амурской области на рубеже веков. – Благовещенск : Комитет природных ресурсов Амурской области, 2000. – 168 с.
9. *Вьюнов Д. Л.* Прогнозно-геохимическая оценка металлоносности Верхнего Приамурья : специальность 25.00.09 «Геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых» : дис. на соискание учён. степ. канд. геол.-минерал. наук / Дмитрий Леонидович Вьюнов. – Благовещенск : НИИ ДВО РАН, 2005. – 102 с.
10. *Вьюнов Д. Л., Варнавский А. В.* Геохимическая и геофизическая основа геологической карты Российской Федерации масштаба 1 : 1 000 000 листов N-51, N-52, M-52. – Книга 1. – Благовещенск : ФГУГП Амургеология, 2003. – 116 с.
11. *Егоров А. К.* Карта полезных ископаемых СССР и пояснительная записка. Масштаб 1 : 200 000. Лист N-53-XXV. Серия Удская / Ред. Э. Л. Школьник. – М. : Недра, 1968. – 105 с.
12. *Зубков И. Ф.* Карта полезных ископаемых СССР и пояснительная записка. Масштаб 1 : 200 000. Лист N-53-XXVI. Серия Удская / Ред. С. А. Музылёв. – Л. : ВСЕГЕИ, 1981. – 106 с.
13. *Красный Л. И., Вольский А. С., Пэн Юньбяо* [и др.] Геологическая карта Приамурья и сопредельных территорий. Масштаб 1 : 2 500 000. Объяснительная записка. – Санкт-Петербург; Благовещенск; Харбин : МПР РФ; Минресурсов КНР, 1999. – 135 с.
14. *Мамонтов Ю. А.* Карта полезных ископаемых СССР и пояснительная записка. Масштаб 1 : 200 000. Лист N-53-XX. Серия Удская / Ред. А. П. Глушков. – М. : Всесоюзный геол. Фонд, 1975. – 108 с.
15. *Машиковцев Г. А., Быховский Л. З., Дауев Ю. М.* [и др.] Основные проблемы использования и развития минерально-сырьевой базы редких металлов в XXI в. // Докл. междунар. симпоз. 5–9 окт. 1998 г. «Минеральное сырьё». – М. : ВИМС, 2000. – № 6. – С. 13–23.
16. *Сорокин А. П., Агеев О. А., Дугин С. В., Попов А. А.* Металлоносность бурых углей Райчихинского месторождения (Приамурье, Дальний Восток) – условия накопления, распределения, перспективы освоения (обзор) // Химия твёрдого топлива. – 2023. – № 1. – С. 13–31.
17. *Сорокин А. П., Белозеров Н. И., Попов А. А.* Формы нахождения и условия переноса рудных компонентов в бурые угли в зонах контрастных форм сопряжения осадочных бассейнов и горноскладчатых сооружений (на примере Зейско-Буреинского бассейна и Туранского массива) (Дальний Восток, Россия) // Тихоокеанская геология. – 2001. – Т. 40, № 6. – С. 33–42.
18. *Стратегия* развития топливно-энергетического потенциала Дальневосточного экономического района до 2020 г. : [Монография] / Отв. ред. А. П. Сорокин. – Владивосток : Дальнаука, 2001. – 112 с.
19. *Тоноян Р. М.* Карта полезных ископаемых СССР и пояснительная записка. Масштаб 1 : 200 000. Лист N-53-XXXII. Серия Хингано-Буреинская / Ред. Л. И. Красный. – М. : Недра, 1965. – 84 с.
20. *Угольная база России.* Том V. Книга 1. Угольные бассейны и месторождения Дальнего Востока (Хабаровский край, Амурская область, Приморский край, Еврейская АО) / В. Ф. Череповский. – М. : ЗАО «Геоинформмарк», 1997. – 371 с.
21. *Хохлов Э. П.* Карта полезных ископаемых СССР и объяснительная записка. Масштаб 1 : 200 000. Лист N-53-XXXIII. Серия Хингано-Буреинская / Ред. М. И. Ициксон. – М. : Всесоюзный геол. фонд, 1971. – 120 с.

REFERENCES

1. *Anoykin A. K.* Karta poleznykh iskopayemykh SSSR i ob»yasnitel'naya zapiska. Masshtab 1, 20 000. List N-53-XXVII. Seriya Udskaya [Map of mineral resources of the USSR and explanatory note. Scale 1 : 20,000. Sheet N-53-XXVII. Udskaya series], ed. L. I. Krasnyy, Moscow, Aerogeologiya publ., 1978, 106 p. (In Russ.)
2. *Arbuzov S. I., Yershov V. V.* Geokhimiya redkikh elementov v uglyakh Sibiri [Geochemistry of rare elements in Siberian coals], Tomsk, D-Print publ., 2007, 468 p. (In Russ.)
3. *Arbuzov S. I., Yershov V. V., Potseluyev A. A.* [et al.] Redkiye elementy v uglyakh Kuznetskogo Basseyna [Rare elements in coals of the Kuznetsk Basin], Kemerovo, Izdatel'stvo Kemerovskiy poligrafkombinat publ., 2000, 248 p. (In Russ.)
4. *Arbuzov S. I., Yershov V. V., Rikhvanov L. P.* [et al.] Redkometall'nyy potentsial Minusinskogo basseyna [Rare metal potential of the Minusinsk basin], Novosibirsk, izd-vo SO RAN, filial "GEO" publ., 2003, 347 p. (In Russ.)
5. *Belozero N. I., Savchenko I. F., Girenko I. V.* Put' organicheskogo veshchestva kontinental'nykh osadkov na primere Amuro-Zeyskogo basseyna (Verkhneye Priamur'ye) [The path of organic matter of continental sediments on the example of the Amur-Zeya basin (Upper Amur region)], *Otechestvennaya geologiya [Domestic Geology]*, 2018, No. 3, pp. 78–84. (In Russ.)
6. *Beus A. A., Grigoryan S. V.* Geokhimicheskiye metody poiskov i razvedki mestorozhdeniy poleznykh iskopayemykh [Geochemical methods of prospecting and exploration of mineral deposits], Moscow, Nedra publ., 1975, 280 p. (In Russ.)
7. *Braginskiy S. M.* Karta poleznykh iskopayemykh i poyasnitel'naya zapiska. Masshtab 1, 200 000. List N-53-XXXI. Seriya Khingano-Bureinskaya [Map of mineral resources and explanatory note. Scale 1, 200 000. Sheet N-53-XXXI. Khingan-Bureinskaya Series], ed. A. P. Glushkov, Moscow, Vsesoyuznyy geol. fond publ., 1971, 92 p. (In Russ.)
8. *Vasil'yev I. N., Kapanin V. N., Kovtonyuk G. P.* Mineral'no-syr'yevaya baza Amurskoy oblasti na rubezhe vekov [Mineral resource base of the Amur region at the turn of the century], Blagoveshchensk, Komitet prirodnnykh resursov Amurskoy oblasti publ., 2000, 168 p. (In Russ.)
9. *V'yunov D. L.* Prognozno-geokhimicheskaya otsenka metallonosnosti Verkhnego Priamur'ya [Predictive and geochemical assessment of metal content of the Upper Amur region], Blagoveshchensk, NII DVO RAN publ., 2005, 102 p. (In Russ.)
10. *V'yunov D. L., Varnavskiy A. V.* Geokhimicheskaya i geofizicheskaya osnova geologicheskoy karty Rossiyskoy Federatsii masshtaba 1, 1 000 000 listov N-51, N-52, M-52, Kniga 1 [Geochemical and geophysical basis of the geological map of the Russian Federation scale 1, 1,000,000 sheets N-51, N-52, M-52, Book 1], Blagoveshchensk, FGUGP Amurgeologiya publ., 2003, 116 p. (In Russ.)
11. *Yegorov A. K.* Karta poleznykh iskopayemykh SSSR i poyasnitel'naya zapiska. Masshtab 1, 200 000. List N-53-XXV. Seriya Udskaya [Map of mineral resources of the USSR and explanatory note. Scale 1, 200 000. Sheet N-53-XXV. Udskaya series], ed. E. L. Shkol'nik, Moscow, Nedra publ., 1968, 105 p. (In Russ.)
12. *Zubkov I. F.* Karta poleznykh iskopayemykh SSSR i poyasnitel'naya zapiska. Masshtab 1, 200 000. List N-53-XXVI. Seriya Udskaya [Map of mineral resources of the USSR and explanatory note. Scale 1, 200 000. Sheet N-53-XXVI. Udskaya series], ed. S. A. Muzylov, Leningrad, VSEGEI publ., 1981, 106 p. (In Russ.)
13. *Krasnyy L. I., Vol'skiy A. S., Pen Yun'byao* [et al.] Geologicheskaya karta Priamur'ya i sopredel'nykh territoriy. Masshtab 1, 2 500 000. Obyasnitel'naya zapiska [Geological map of the Amur region and adjacent territories. Scale 1, 2,500,000. Explanatory note], Sankt-Peterburg; Blagoveshchensk; Kharbin, MPR RF; Minresursov KNR publ., 1999, 135 p. (In Russ.)
14. *Mamontov Yu. A.* Karta poleznykh iskopayemykh SSSR i poyasnitel'naya zapiska. Masshtab 1, 200 000. List N-53-XX. Seriya Udskaya [Map of mineral resources of the USSR and explanatory note. Scale 1, 200 000. Sheet N-53-XX. Udskaya series], ed. A. P. Glushkov, Moscow, Vsesoyuznyy geol. fond publ., 1975, 108 p. (In Russ.)
15. *Mashkovtsev G. A., Bykhovskiy L. Z., Dauev Yu M.* [et al.] Osnovnyye problemy ispol'zovaniya i razvitiya mineral'no-syr'yevoy bazy redkikh metallov v KHKHI veke [The main problems of the use and development of the mineral resource base of rare metals in the 21st century], *Dokl. Mezhdunar. Simpoz. 5–9 okt. 1998 g. "Mineral'noye syr'yo"*, No. 6, Moscow, VIMS publ., 2000, pp. 13–23. (In Russ.)
16. *Sorokin A. P., Ageyev O. A., Dugin S. V., Popov A. A.* Metallonosnost' burykh ugley Raychikhinskogo mestorozhdeniya (Priamur'ye, Dal'niy Vostok) 6 usloviya nakopleniya, raspredeleniya, perspektivy osvoeniya (obzor) [Metal content of brown coals of the Raichikhinsky deposit (Amur region, Far East) 6 conditions of accumulation, distribution, development prospects (review)], *Khimiya tvordogo topliva*, 2023, No. 1, pp. 13–31. (In Russ.)
17. *Sorokin A. P., Belozero N. I., Popov A. A.* Formy nakhozhdeniya i usloviya perenosa rudnykh komponentov v buryye ugli v zonakh kontrastnykh form

- sopryazheniya osadochnykh basseynov i gornoskladchatykh sooruzheniy (na primere Zeysko-Bureinskogo basseyna i Turanskogo massiva.) (Dal'niy Vostok, Rossiya) [Forms of occurrence and conditions for the transfer of ore components into brown coals in zones of contrasting forms of conjugation of sedimentary basins and mountain-fold structures (using the example of the Zeya-Bureya basin and the Turan massif.) (Far East, Russia)], *Tikhookeanskaya geologiya*, 2001, V. 40, No. 6, pp. 33–42. (In Russ.)
18. *Strategiya razvitiya toplivno-energeticheskogo potentsiala Dal'nevostochnogo ekonomicheskogo rayona do 2020 g.*, Monografiya [Strategy for the development of fuel and energy potential of the Far Eastern economic region until 2020, Monograph], ed. A. P. Sorokin, Vladivostok, Dal'nauka publ., 2001, 112 p. (In Russ.)
 19. *Tonoyan R. M.* Karta poleznykh iskopayemykh SSSR i poyasnitel'naya zapiska. Masshtab 1, 200 000. List N-53-XXXII. Seriya Khingano-Bureinskaya [Map of mineral resources of the USSR and explanatory note. Scale 1, 200 000. Sheet N-53-XXXII. Khingan-Bureinskaya Series], ed. L. I. Krasnyy, Moscow, Nedra publ., 1965, 84 p. (In Russ.)
 20. *Ugol'naya baza Rossii*. Tom V. Kniga 1. Ugol'nyye basseyny i mestorozhdeniya Dal'nego Vostoka (Khabarovskiy kray, Amurskaya oblast', Primorskiy kray, Yevreyskaya AO) [Coal base of Russia. Volume V. Book 1. Coal basins and deposits of the Far East (Khabarovsk Territory, Amur Region, Primorsky Territory, Jewish Autonomous Okrug)], V. F. Cherepovskiy, Moscow, Geoinformmark publ., 1997, 371 p. (In Russ.)
 21. *Khokhlov E. P.* Karta poleznykh iskopayemykh SSSR i obyasnitel'naya zapiska. Masshtab 1, 200 000. List N-53-XXXIII. Seriya Khingano-Bureinskaya [Map of mineral resources of the USSR and explanatory note. Scale 1, 200 000. Sheet N-53-XXXIII. Khingan-Bureinskaya Series], Red. M. I. Itsikson. Moscow, Vsesoyuznyy geol. fond publ., 1971, 120 p. (In Russ.)

Статья поступила в редакцию 26.01.24; одобрена после рецензирования 06.03.24; принята к публикации 06.03.24.
The article was submitted 26.01.24; approved after reviewing 06.03.24; accepted for publication 06.03.24.