

УДК 553.411

DOI: 10.46698/VNC.2023.76.15.001

Оригинальная статья

## Литогенетическая концепция золотоносности черносланцевых толщ и ее приложение к рудным районам Юга России

С.Г. Парада<sup>1,2</sup>, И.А. Артемов<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Геофизический институт Владикавказского научного центра Российской академии наук, Россия, 362002, РСО-Алания, г. Владикавказ, ул. Маркова, 93а, e-mail: maurmar@yandex.ru;

<sup>2</sup>Южный научный центр Российской академии наук, Россия, 344005, Ростов-на-Дону, пр. Чехова, 41, e-mail: segripa@rambler.ru

Статья поступила: 20.10.2023, доработана: 27.11.2023, принята к публикации: 01.12.2023

**Резюме: Актуальность работы.** В статье показано, что разработанная на основе исследований золотоносных территорий Сибири и Востока России литогенетическая концепция золотоносности черносланцевых толщ находит приложение на Юге России. **Цель исследования.** Суть концепции в вычлениении роли литологических факторов в формировании золотоносности черносланцевых толщ, благодаря которым происходит выщелачивание рудного вещества, его транспортировка и концентрирование в виде участков рудных минерализаций с определенными вещественно-морфологическими признаками. Эта роль определяется фациальными условиями седиментогенеза, характером и полнотой проявления последующих стадий катагенеза, катагенеза и метаморфизма. **Методы исследования.** В зависимости от стадии литогенеза разработаны седиментационно-диагенетическая, эксфильтрационно-катагенетическая, эксгальационно-осадочная и метаморфогенная модели формирования золотоносности черносланцевых толщ, описывающие динамику и кинетику соответствующих минералообразующих систем. Минералообразующие системы, отвечающие седиментационно-диагенетической модели, формируются в условиях шельфа океанического бассейна и представлены скоплениями сингенетических золотоносных сульфидов; при эксфильтрационно-катагенетической модели – формируются в условиях континентального склона и его подножия при лавинной седиментации осадков, последующем катагенезе и представлены латераль-секреционными кварцево-жильно-прожилковыми зонами; системы, отвечающие эксгальационно-осадочной модели, формируются на океаническом ложе при проявлении подводной гидротермальной деятельности и представлены сульфидными и кремнисто-сульфидными залежами. Особое место занимает метаморфогенная минералообразующая система. Показано, что эта система также использует внутренние вещественно-энергетические ресурсы для своего развития. Функционирование метаморфогенной системы осуществляется в условиях зонального метаморфизма. Источником золота и других рудообразующих компонентов при этом являются породы в зоне наиболее интенсивного метаморфизма. Агентом извлечения и транспортировки золота в область рудоотложения являются термодегидратационные воды. **Результаты исследования.** Установлено, что все четыре модели находят подтверждение в рудных районах Юга России. В соответствии с перечисленными моделями образуются крупнообъемные минерализации определенных минерально-морфологических типов с надкларковыми (предрудными) концентрациями золота. На Юге России эти модели применимы к относительно слабо золотоносным залежам сульфидно-вкрапленных руд в юрских углеродистых осадках Кардан-Куспартинского района, сульфидно-вкрапленной минерализации в каменноугольных углисто-терригенных толщах Восточного Донбасса, к обширным областям распространения кварцевых жильно-прожилковых зон в докембрийских и палеозойских черносланцевых

толщах Малка-Муштинского и Урупо-Лабинского рудных узлов. К продуктам развития метаморфогенной системы отнесены проявления некоторых золотоносных минерализаций Малка-Муштинского узла.

**Ключевые слова:** литогенез, метаморфизм, черносланцевые толщи, золото, минералообразующие системы, Донбасс, Северный Кавказ.

**Благодарности:** Работа выполнена в рамках реализации государственного задания ГФИ ВНЦ РАН и ЮНЦ РАН, № гос. регистрации 122020100345-8.

**Для цитирования:** Парада С.Г., Артемов И.А. Литогенетическая концепция золотоносности черносланцевых толщ и ее приложение к рудным районам Юга России. *Геология и геофизика Юга России*. 2023. 13(4): 6-17. DOI: 10.46698/VNC.2023.76.15.001

---

---

LITHOLOGY



---

---

DOI: 10.46698/VNC.2023.76.15.001

Original paper

## Lithogenetic concept of gold content of the Black shale strata and its application to the ore regions of Southern Russia

S.G. Parada <sup>1,2</sup>, I.A. Artemov <sup>2</sup>

<sup>1</sup>Geophysical Institute, Vladikavkaz Scientific Centre, Russian Academy of Sciences, 93a Markova Str., Vladikavkaz 362002, Russian Federation,  
e-mail: maurmar@yandex.ru

<sup>2</sup>Southern Scientific Center, Russian Academy of Sciences, 41 Chekhov Ave.,  
Rostov-on-Don 344005, Russian Federation, e-mail: segripa@rambler.ru

Received: 20.10.2023, revised: 27.11.2023, accepted: 01.12.2023

**Abstract: Relevance.** The article shows that the lithogenetic concept of the gold content of the black shale strata developed on the basis of studies of the gold-bearing territories of Siberia and the East of Russia finds application in the South of Russia. **Aim.** The essence of the concept is to isolate the role of lithological factors in the formation of the gold content of the black shale strata, due to which the ore substance is leached, transported and concentrated in the form of ore mineralization sites with certain material and morphological features. This role is determined by the facies conditions of sedimentogenesis, the nature and completeness of the manifestation of the subsequent stages of diagenesis, catagenesis and metamorphism. **Research methods.** Depending on the stage of lithogenesis, sedimentation-diagenetic, exfiltration-catagenetic, exhalation-sedimentary and metamorphogenic models of the formation of gold content of black shale strata describing the dynamics and kinetics of the corresponding mineral-forming systems have been developed. Mineral-forming systems corresponding to the sedimentation-diagenetic model are formed in the conditions of the shelf of the oceanic basin and are represented by accumulations of syngenetic gold-bearing sulfides; exfiltration-catagenetic model – are formed in the conditions of the continental slope and its foot during avalanche sedimentation of sediments, subsequent catagenesis and is represented by lateral-secretive quartz-vein-veined zones; the systems corresponding to the exhalation-sedimentary model are formed on the oceanic bed during the manifestation of underwater hydrothermal activity and are represented by sulfide and siliceous-sulfide deposits. A special place is occupied by the metamorphogenic mineral-forming system. It is shown that this system also uses internal material and energy resources for its development. The functioning of the metamorphogenic system is carried out in the conditions of zonal metamorphism. The source of gold and other ore-forming components in this case are rocks in the zone of the most intense metamorphism. The agent of gold extraction and transportation to the ore deposition area is thermodehydration waters. **The results of the work.** It is established that all four

models are confirmed in the ore regions of Southern Russia. In accordance with the listed models, large-volume mineralizations of certain mineral-morphological types with supraclark (pre-ore) concentrations of gold are formed. In the South of Russia, these models are applicable to relatively weakly gold-bearing deposits of sulfide-interspersed ores in the Jurassic carbonaceous sediments of the Cardan-Kuspartinsky district, sulfide-interspersed mineralization in the carboniferous carboniferous-terrigenous strata of the Eastern Donbass, to extensive areas of quartz veined and veinlet-disseminated zones in Precambrian and Paleozoic black shale strata of the Malka-Mushta and Urupo-Labinsk ore clusters. Manifestations of some gold-bearing mineralizations of the Malka-Mushta node are attributed to the products of the development of the metamorphogenic system.

**Keywords:** lithogenesis, metamorphism, black shale strata, gold, mineral-forming systems, Donbass, North Caucasus.

**Acknowledgements:** *The work was carried out as part of the implementation of the state task of the GFI VNC RAS and UNC RAS, state registration no. 122020100345-8.*

**For citation:** Parada S.G., Artemov I.A. Lithogenetic concept of gold content of Black shale strata and its application to the ore regions of Southern Russia. *Geologiya i Geofizika Yuga Rossii = Geology and Geophysics of Russian South.* (in Russ.). 2023. 13(4): 6-17. DOI: 10.46698/VNC.2023.76.15.001

## Введение

Выявленная нами зависимость минерально-морфологических типов золоторудных месторождений Сибири и Дальнего Востока от литологических особенностей и химического состава рудоносных черносланцевых толщ указывает на более тесную связь процессов литогенеза и рудообразования [Parada, 2002]. Наиболее полно такие золотоносные толщи изучены нами в составе складчатого обрамления Сибирской платформы. Они также широко представлены на Азиатском континенте [Goldfarb et al., 2014] и других регионах [Sener et al., 2002; Manikyamba et al., 2008; Large et al., 2011]. Потенциально золотоносные и платиноидоносные черносланцевые толщи выделяются и на Северном Кавказе [Черкашин и др., 2022]. Установлено, что рифейские черные сланцы Северо-Енисейской и Ленской золотоносных провинций отвечают геодинамическим обстановкам шельфа, золотоносные черносланцевые толщи верхнепалеозойско-нижнемезозойского терригенного комплекса Верхояно-Колымского пояса и палеозойского вулканогенно-кремнисто-терригенного комплекса Амуро-Охотской области образовались в обстановке континентального склона и океанического ложа.

Участки повышенных содержаний золота в каждом из перечисленных комплексов являются результатом развития своеобразных типов автономных минералообразующих систем, которые определенным образом, в зависимости от фациальных условий седиментогенеза, характера и полноты проявления последующих стадий литогенеза, организовывали сбор рудного вещества, его транспортировку и концентрацию в виде участков минерализации с определенными вещественно-морфологическими признаками. Такие системы предложено называть литогенными [Parada, 2002]. Литогенные системы обычно не формируют сразу промышленные месторождения. В большинстве случаев они представляют длительный период предыстории месторождения [Рундквист, 1997], приводящий к возникновению геохимической системы с достаточным для последующего эндогенного рудообразования содержанием металла [Щербаков, 1976; Кокин, 2005].

## Материал и методы

В настоящем исследовании использованы материалы, полученные ранее авторами при исследовании черносланцевых толщ Сибири и Дальнего Востока, приведен-

ные в опубликованной литературе данные, результаты собственных исследований черносланцевых толщ рудных узлов Северного Кавказа и Восточного Донбасса, а также опубликованные данные исследователей Северного Кавказа, в том числе Богуша И.А., Глазыриной Н.В., Рябова Г.В., Черкашина В.И. и др. Основной метод исследования – сравнительный анализ результатов изучения золоторудных месторождений и рудопроявлений и вмещающих черносланцевых толщ в различных регионах.

### Результаты и обсуждение

Формирование литогенных систем в каждом из перечисленных комплексов можно описать одной из предлагаемых ниже моделей или их различным сочетанием.

*Седиментационно-диагенетическая модель.* Золотообразующие системы, отвечающие седиментационно-диагенетической модели, формируются в условиях внешнего шельфа эпиконтинентальных океанических бассейнов. Наиболее типичным примером являются золотоносные сульфидизированные черносланцевые толщ Бодайбинского района, содержащие золотосульфидно-вкрапленные руды месторождений Сухой лог, Голец Высочайший, Вернинское и других подобных объектов. Литолого-фациальными исследованиями установлен по смене фаций профиль обстановок седиментации в позднем рифее. На мелководных участках шельфа, расположенных севернее Бодайбинского прогиба, отлагались песчано-алевритовые осадки и биохемогенные карбонаты. Южнее, в области Бодайбинского прогиба, на периферии шельфа формировались в это время толщ углеродисто-терригенных, иногда слабо известковистых осадков. Отложения рудоносной хомолхинской свиты, при этом, имеют линзообразную форму, т.е. накапливались в специфических фациальных условиях локальной впадины, где возникали условия сероводородного заражения и концентрирования золота осадочно-диагенетическими сульфидами [Буряк, 1982]. Таким образом, повышенные содержания золота в черносланцевых толщах Бодайбинского района обусловлены в решающей степени вкрапленностью осадочно-диагенетических сульфидов, концентрации золота в которых на 1-2 порядка выше, чем в самих сланцах. Повышенное содержание органического углерода в хомолхинской свите (2-4 % в среднем) указывает на высокую биопродуктивность моря в данном месте, что в совокупности с особенностями пространственного размещения хомолхинской седиментационной впадины (периферия шельфа) объясняется непосредственной близостью области апвеллинга. Следствием этого, как показано в работе [Ермолаев и др., 1999], является автохтонное накопление жизненно важных элементов фитопланктоном в зоне повышенной биопродуктивности по гидрофронт и осаждение этих элементов с отмирающим планктоном. Лавинные поступления органического вещества в иловый осадок активизируют процессы сульфат-редукции. Образующийся при этом сульфид железа концентрирует золото [Large, Maslennikov, 2020]. Основным процессом, непосредственно определившим высокие концентрации золота, являлось длительное взаимодействие иловых вод, глинистых, богатых органическим веществом хомолхинских осадков, имевших восстановительную среду, с придонными водами, содержащими свободный кислород и повышенные концентрации золота. Существование апвеллинга обеспечивало постоянное обновление придонных вод в течение длительного времени, возможность фиксации металла из их новых порций и его накопление в осадке.

На Юге России этой модели соответствуют условия формирования относительно слабо золотоносных залежей сульфидно-вкрапленных руд в юрских углеродистых осадках Кардан-Куспартинского рудного района [Kaigorodova et al., 2022] и

сульфидно-вкрапленной золотоносной минерализации в каменноугольных углесто-терригенных толщах Восточного Донбасса [Артемов и др., 2022]. Рельеф и обстановки седиментации в бассейне угленакопления способствовали созданию устойчивых условий и формированию диагенетических сульфидов [Мохов, 2022]. В близповерхностных условиях формировался магнетит [Закруткин и др., 2023].

*Эксфильтрационно-катагенетическая модель.* Особенности формирования золотообразующей системы, отвечающей этой модели, наиболее отчетливо проявлены в Верхояно-Колымском складчатом поясе, где основная золотоносность связана с Верхоянским терригенным комплексом верхнего палеозоя-нижнего мезозоя. Подавляющее большинство золотоносных кварцевых жил и жильно-прожилковых зон месторождений (Дуэт, Юр, Бриндакит, Нежданинское, Кулар и др.) располагается согласно слоистости или образует лестничные жилы и жильно-прожилковые зоны в пластах песчаников, залегающих среди толщ углеродистых алевропелитовых пород. Протяженность отдельных жил, имеющих мощность обычно от 0,2 до 1,0 м, достигает 5 км и более. При этом согласно залегающие жилы в деталях повторяют складчатую структуру вмещающих пластов. Часто жилы содержат угловатые включения вмещающих пород размером до 10 см и более, представляющие так называемые «горизонты включения», возникающие в результате внедрения в поры песчаных пород эксфильтрационных вод из зон разуплотнения и создания аномально высоких пластовых давлений. Минеральный состав рудных тел типичен для месторождений малосульфидной формации золотокварцевого типа и сохраняется во всех месторождениях, локализованных в породах Верхоянского комплекса. Более того, снижение бортовых кондиций в месторождениях Колымы привело к тому, что в составе рудных тел объединяются отдельные секущие кварцевые жилы и разно ориентированные прожилки. В итоге морфология таких объединенных рудных тел становится близкой к пластовой, а их границы совпадают с определенными литолого-стратиграфическими подразделениями.

Ранее установлено, что накопление терригенных осадков Верхоянского комплекса происходило на пассивной окраине Сибирской платформы. Оно сменило предшествующее в более раннем палеозое и позднем докембрии карбонатонакопление в связи со сменой в конце визейского века аридного климата на гумидный и глобальным понижением уровня моря. Согласно проведенным исследованиям [Япакурт, 1999], осадки Верхоянского комплекса представляют собой разнообразные лавинные накопления зерновых и суспензионных автокинетических потоков долинно-веерных систем континентального склона. Учитывая возраст и фациальные условия отложений, можно предположить, что рассеянное органическое вещество в них представлено частицами высших растений. Растительный детрит, находясь во взвешенном состоянии, адсорбировал золото из морской воды и захоронился в осадке. Неуравновешенная процессами диагенеза органико-минеральная масса очень скоро оказывается в зоне катагенеза под давлением вышележающих осадков. Уже на стадии позднего катагенеза в изначально обедненном глинистым веществом песчаниках отмечаются рекристаллизационно-грануляционный бластез на контактах песчаных кварцевых зерен и пластические деформации в кварце, сопровождающиеся окварцеванием и альбитизацией полевых шпатов. В песчаниках также появляются кварцевые прожилки. В алевропелитах и глинистых песчаниках катагенез проявляется иначе, а именно в виде последовательной трансформации глинистых минералов группы смектитов через смешанослойную фазу в гидрослюда и частично в хлорит. На стадии метагенеза гидрослюда 1 Md трансформируется в серицит

2 Мл. Все это имеет важное значение для формирования золотого оруденения, т. к. приводит к неравномерному разогреву толщи осадков и появлению миграционных форм кремнезема и золота.

Это связано с тем, что необратимый процесс уплотнения глинистых коллоидно-дисперсных систем сопровождается увеличением температуры этого агрегата. Таким образом, в переслаивающихся песчано-глинистых толщах должны возникать температурные градиенты, обусловленные разностью температур между «саморазогревающимися» глинистыми и «холодными» песчанистыми пластами. Это приводит к усиленной эксфильтрации вод в пласты безглинистых песчаников и опережающему аутигенному минералогенезу в них, что подтверждается петрографическими исследованиями. На глубинах 3-5 км в условиях лавинного захоронения осадков и повышенных (до 150-200°C) температур начинается массовая альбитизация толщ за счет натрия, захороненного в порах морских вод. Главной особенностью этого геохимического процесса, определяющей металлогеническую специализацию толщ, является разделение натрия и хлора. В данных термодинамических условиях натрий фиксируется в новообразованном альбите, а хлор, не образуя собственной минеральной фазы, насыщает эксфильтрационные воды и, обладая избирательно высокой активностью по отношению к золоту, способствует его выщелачиванию, миграции и перераспределению в масштабе всей толщи. Согласно экспериментальным данным, в интервале температур 150-200°C резко возрастает растворимость кварца осадочных пород. Таким образом, уже на стадии катагенеза формируются кремнекислые гидротермальные растворы. Они насыщаются золотом за счет его десорбции с частиц рассеянного углеродистого вещества. Полезный груз отлагается в форме согласных или лестничных кварцевых жил в пластах песчаников.

Изложенный механизм был впервые предложен нами для обоснования повсеместной золотоносности черносланцевых толщ Амуро-Охотской области по данным геохимического изучения золотоносных районов. Позже он был подтвержден экспериментально [Глюк, 1986].

Совокупность изложенных выше данных указывает на латераль-секреционный механизм формирования золотоносных кварцевых жил Верхояно-Колымской области, реализующийся уже в условиях катагенеза. При этом толщи алевролитов и аргиллитов выступают в качестве генератора золотоносных кремнекислых растворов, которые разгружаются в пластах песчаников, выступающих в качестве коллекторов, и образуют послонные и лестничные кварцевые жилы. Степень золотоносности их определяется концентрацией благородного элемента в эксфильтрационных растворах. Если золото в растворах отсутствовало, то формировались безрудные кварцевые жилы.

Именно этой модели соответствуют обширные области распространения кварцевых жил и жильно-прожилковых (штокверковых) зон в черносланцевых толщах Уруп-Лабинского и Малка-Муштинского рудных узлов. Латераль-секреционный механизм образования таких жил и жильно-прожилковых зон в указанных районах подтверждается их доскладчатым образованием. По нашим наблюдениям в обнажениях и данным [Глазырина, Глазырин, 2011; Шишкалов, 2017] эти жилы и зоны испытывают складчатые деформации вместе с вмещающими породами.

*Эксгальционно-осадочная модель.* Золоторудная система, отвечающая эксгальционно-осадочной модели, разработана нами на примере Джагдинской провинции Амуро-Охотской области. Главной особенностью этой системы является ее возникновение на океаническом ложе относительно узкого океанического бассейна (рифта) на ранней стадии его развития. В таком бассейне накопление осадков осуществля-

лось на океаническом ложе при периодических проявлениях подводной вулканической и гидротермальной активности. В результате подводные эксгаляции приносили кремнезем, золото и другие рудные элементы в терригенные осадки и формировали самостоятельные золотоносные сульфидно-кремнистые и кремнистые залежи, переслаивающиеся с океаническими базальтами. Узость бассейна приводила к тому, что терригенный материал периодически покрывал все ложе. В результате сформировалась ритмичная толща с частым переслаиванием терригенных пород, океанических базальтов и эксгаляционно-осадочных кремнистых, сульфидных и кремнисто-сульфидных образований. При этом терригенные и эксгаляционные осадки оказывали геохимическое влияние друг на друга. Первые обогащались Fe, Mn, Co, Ni, Cu и Au; вторые – органическим и глинистым веществом. Основное металлогеническое значение таких залежей и прослоев проявляется в ходе последующих эндогенных процессов, когда они являются источником золота и других рудообразующих элементов, но есть и промышленные месторождения, в частности – Ворошиловское в Джагдинской провинции Амуро-Охотской складчатой области, представленное залежами эксгаляционно-осадочных сульфидно-кремнистых руд.

На Юге России этой модели соответствуют отдельные районы Уруп-Лабинского рудного узла, где установлено сочетание обширных участков кварцевой жильной и прожилковой минерализации эксфильтрационно-катагенетического типа и залежей колчеданной и пирит-пирротин-пентландитовой эксгаляционно-осадочной минерализации [Глазырина, Глазырин, 2011]. Собственно, и само Урупское медно-колчеданное месторождение, по представлениям некоторых геологов, имеет эксгаляционно-(гидротермально)-осадочное происхождение [Скрипченко, 1972; Рябов, Богуш, 2012].

Предлагаемая модель эксгаляционно-осадочного формирования предрудной минерализации в черносланцевых комплексах близка модели вулканогенно-осадочного образования золотоносных железистых кварцитов [Константинов, 1993]. От вулканогенно-осадочных моделей, разработанных для ряда золотосульфидных месторождений в древних зеленокаменных трогах Канады и Австралии [Tomish, 1986], она отличается, прежде всего, отсутствием связи с конкретными вулканическими постройками. В этом отношении эксгаляционно-осадочные сульфидно-кремнистые залежи Амуро-Охотской области и Уруп-Лабинского рудного узла напоминают так называемые чехольные фации в модели Томиша, формирующиеся на значительном удалении от вулканической постройки в морской терригенной толще.

*Метаморфогенные золоторудные системы.* Обычно участки первично литогенной золотоносной минерализации в углеродисто-терригенных комплексах значительно осложнены или существенно преобразованы многократно наложенными эндогенными процессами. Зональный метаморфизм или проявления интрузивного магматизма могут привести к усложнению морфологии и состава первичной минерализации. Такие месторождения принято называть полигенно-полихронными [Курбанов и др., 1992; Буряк, Бакулин, 1998; Groves et al., 2003 и др.]. Тем не менее, в них сохраняются признаки влияния литолого-геохимических особенностей вмещающих пород на существенный состав руд и продуктивных гидротермальных растворов [Parada, 2002].

Приуроченность золотоносных кварцевых жил рудных полей Амуро-Охотской складчатой области к куполовидным структурам с ареалами зонального метаморфизма свидетельствует о генетической связи процессов куполообразования, метаморфизма и золотого оруденения. В работе [Буряк, 1982] показано, что области наиболее высокотемпературного метаморфизма, расположенные в ядрах куполов, являются зонами выноса рудообразующих элементов.

К метаморфогенным золоторудным системам на Юге России можно отнести проявления золотоносных минерализаций Малка-Муштинского рудного узла. Здесь мы рассматриваем региональный метаморфизм как фактор перераспределения первично литогенных концентраций золота и других рудообразующих элементов.

На регионально метаморфизованные вулканогенно-осадочные толщи наложены процессы контактового метаморфизма различной степени. Они затронули преимущественно породы бечасынской и малкинской свит, не только в экзоконтакте малкинского гранитного массива и субпластовых тел габброидов хасаутского комплекса, но часто и на локальных участках, без видимой пространственной связи с интрузивами.

Контактовый метаморфизм в связи с интрузией малкинских гранитов выразился в обширном ореоле ороговикования и биотитизации пород бечасынской свиты, развитии мигматитоподобных кварц-микроклиновых образований. В непосредственной близости от контакта, во вмещающих толщах развиваются линзовидные тела пегматитоподобных тел, сложенных крупнокристаллическими калишпатом и мусковитом.

В связи с телами габброидов хасаутского комплекса развиваются кварц-биотитовые и кварц-биотит-полевошпатовые роговики.

Наличие биотита в постоянной парагенетической ассоциации роговиков свидетельствует о том, что контактовый метаморфизм проходил с участием воды, – активного агента перераспределения золота в масштабе толщи. Это, как показали геохимические исследования, сказалось на изменении концентраций золота в первичных литогенных минерализациях и вмещающих породах Малка-Муштинского рудного узла.

*Таким образом, литогенные золоторудные системы на Юге России представлены в районах развития углеродистых толщ.* Здесь, как и в регионах Сибири и Востока России, выделяются три минерально-морфологических типа золотоносных минерализаций, которые или сами по себе являются объектом геологоразведочных работ, или сопутствуют более богатым рудам. Исходя из изложенной выше концепции, изученные на Юге России золотоносные минерализации в черносланцевых толщах можно рассматривать как предрудные концентрации благородных металлов, связанные с различными стадиями литогенеза углеродисто-терригенных толщ. К ним относятся: 1) участки скопления осадочно-диагенетических сульфидов в углеродистых отложениях юры Кардан-Куспартинского рудного района и объемная пиритизация в каменноугольных углисто-терригенных толщах Восточного Донбасса; 2) зоны концентрации кварцевых жил и прожилков в Урупо-Лабинском и Малка-Муштинском рудных районах; 3) прослой и залежи сульфидных и сульфидно-кремнистых субмаринных эксгальционно-осадочных образований в составе разреза черносланцевой толщи Урупо-Лабинского района. Содержания золота во всех перечисленных образованиях на один-два порядка превышают фоновые и составляют сотые и десятые доли г/т при крайне неравномерном распределении.

Анализ химических составов рудоносных углеродистых пород перечисленных районов показывает, что среди них, как и в Восточных регионах России, по соотношению щелочей можно выделить две группы: 1) нормальные калиевые и 2) аномальные натриевые [Parada, 2002]. Кроме того, на Северном Кавказе, среди натриевых толщ выявлена 3-я группа черносланцевых пород с аномальной магниевой специализацией. Такая специализация объясняется соответствующим петрофондом, в качестве которого выступают ультраосновные породы древнего офиолитового комплекса, что подтверждается микроскопическими исследованиями шлифов, где часто обнаруживаются микрообломки ультраосновных пород и зерна хромшпи-



нелида [Глазырина, Глазырин, 2011; Черкашин и др., 2022; Парада, 2023 и др.]. Это позволило предложить достаточно универсальную металлогеническую модель благородных металлов для всего фанерозоя Северного Кавказа [Черкашин и др., 2022].

Калиевая и натриевая специализация углеродисто-терригенных толщ Юга России, как и на Востоке России, устанавливается не только в пределах участков рудных минерализаций, но и сохраняется по простиранию толщ, то есть является свойством самих пород, независимо от того, есть в них оруденение или нет.

### Заключение

1. Литогенетическая концепция золотоносности черносланцевых толщ, разработанная на основе исследования золотоносных районов Сибири и Дальнего Востока, находит свое подтверждение в регионах Юга России. Суть концепции в вычленении роли литологических факторов в формировании относительно слабой золотоносности черносланцевых толщ, создающих предрудные концентрации благородного металла. Условия, возникающие на различных стадиях литогенеза, могут приводить к формированию золотоносных минерализаций в крупных объемах на отдельных участках черносланцевой толщи. Эти участки относительно слабо золотоносных минерализаций являются источником рудообразующих элементов при последующих эндогенных рудообразующих процессах.

2. Литогенетическая концепция включает четыре модели формирования золотоносных минерализаций в черносланцевой толще, описывающих седиментационно-диагенетическую, эксфильтрационно-катагенетическую, эксгаляционно-осадочную и метаморфогенную золотоконцентрирующие минералообразующие системы.

3. Седиментационно-диагенетическая система формируется в условиях шельфа и представлена скоплениями сингенетических сульфидов. Повышенные содержания золота связаны с его перераспределением в осадке на стадии диагенеза за счет собирательной перекристаллизации и избирательной концентрации в сульфидах. Этой модели на Юге России соответствуют относительно слабо золотоносные залежи сульфидно-вкрапленных руд в юрских углеродистых осадках Кардан-Куспартинского района, послонные скопления сульфидно-вкрапленной минерализации в каменноугольных углито-терригенных толщах Восточного Донбасса.

4. Эксфильтрационно-катагенетическая система формируется в условиях континентального склона и его подножия при лавинной седиментации осадков. Неуровновешенная процессами диагенеза органико-минеральная масса быстро оказывается в условиях катагенеза при повышенных температуре и давлении. Происходит объемная альбитизация толщ за счет натрия поровых морских вод, высвобождение кремнезема и его массовое переотложение. Хлор в условиях катагенеза не находит собственной минеральной формы, насыщает поровые растворы, выщелачивает и переносит золото вместе с кремнеземом. Образующиеся при этом объемные кварцево-жильно-прожилковые зоны обладают относительно слабой золотоносностью. Этой модели соответствуют обширные области распространения кварцевых жильно-прожилковых зон в докембрийских и палеозойских черносланцевых толщах Малка-Муштинского и Урупо-Лабинского рудных узлов.

5. Эксгаляционно-осадочная система формируется на океаническом ложе при проявлении подводной гидротермальной деятельности. При этом образуются часто золотоносные кремнистые, сульфидные и кремнисто-сульфидные залежи в составе черносланцевой толщи.

6. Метаморфогенная система, как и другие литогенные минералообразующие

системы, использует для своего развития внутренние вещественные и энергетические ресурсы. Функционирование метаморфогенной системы осуществляется в условиях зонального динамо-термального или локального термального метаморфизма. Источником золота и других рудообразующих компонентов при этом являются породы в зоне наиболее интенсивного метаморфизма. Агентом извлечения и транспортировки золота в область рудоотложения являются термодегидратационные (метаморфогенные) воды. К продуктам развития метаморфогенной системы на Юге России отнесены проявления некоторых золотоносных минерализаций Малка-Муштинского рудного узла.

## Литература

1. Артемов И.А., Попов Ю.В., Шарова Т.В. Минералого-петрографическая зональность пород горящих терриконов песчано-глинистого состава Восточного Донбасса. // Успехи современного естествознания. – 2022. – № 11. – С. 107–112.
2. Буряк В.А. Метаморфизм и рудообразование. – М.: Недра, 1982. – 256 с.
3. Буряк В.А., Бакулин Ю.И. Металлогения золота. – Владивосток: Дальнаука. 1998. – 403 с.
5. Глазырина Н.В., Глазырин Е.А. Кобальтин-пентландит-пирротиновая сульфидная минерализация черносланцевых отложений. // Записки Российского минералогического общества. – 2011. – Т. 140. № 1. – С. 83–90.
6. Глюк Д.С. Перераспределение золота в колонке горных пород в термоградиентных условиях. Доклады АН СССР. – 1986. – Т. 286. №5. – С. 1232–1235.
7. Ермолаев Н.П., Созинов Н.А., Котина Р.П., Пашкова Е.А., Горячкин Н.И. Механизмы концентрирования благородных металлов в терригенно-углеродистых отложениях. – М.: Научный мир, 1999. – 124 с.
8. Закруткин В.Е., Решетняк В.Н., Гибков Е.В., Скляренко Г.Ю. Аутигенные минералы железа в речных отложениях Восточного Донбасса. // Геология и геофизика Юга России. – 2023. – Т. 13. № 3. – С. 102–121. DOI: 10.46698/VNC.2023.95.74.008.
9. Кокин А.В. Оценка перспективности рудных объектов. – Ростов-на-Дону: ООО «Ростиздат». – 2005. – 384 с.
10. Константинов М.М. Стратиформное золотое оруденение – достижения и проблемы построения моделей рудообразующих систем. // Руды и металлы. – 1993. – №1–2. С.14–20.
11. Курбанов Н.К., Арифулов Ч.Х., Ехиванов В.А., Романов В.И. Полигенно-полихронные золоторудные месторождения терригенных комплексов. // Руды и металлы. – 1992. – Стартовый номер. – С. 54–61.
12. Мохов А.В. Реконструкция рельефа и обстановки седиментации в бассейне угленакпления (на примере Восточного Донбасса). // Геология и геофизика Юга России. – 2022. – Т. 12, № 3. – С. 107–118. DOI: 10.46698/VNC. 2022.86.44.007.
13. Парада С.Г. Платина и платиноиды в палеозойских черносланцевых толщах Передового хребта (Северный Кавказ). // Геология и геофизика Юга России. – 2023. – Т. 13. № 1. – С. 112–124. DOI: 10.46698/VNC.2023.14.73.008.
14. Рундквист Д.В. Фактор времени при формировании месторождений: периоды, эпохи, этапы и стадии рудообразования // Геология руд. месторождений. – 1997. – Т. 39, № 1. – С. 11–24.
15. Рябов Г.В., Богуш И.А. Типизация колчеданных месторождений Северного Кавказа. // Известия вузов Сев.-Кавказский регион. Технические науки. – 2012. – №5. – С. 88–91.
16. Скрипченко Н.С. Гидротермально-осадочные сульфидные руды базальтоидных формаций. – М.: Недра. – 1972. – 216 с.
17. Черкашин В.И., Богуш И.А., Рябов Г.В., Исаева Н.А. Металлогеническая модель благородных металлов фанерозоя Северного Кавказа. // Труды института геологии дагестанского научного центра РАН. – 2022. – № 4 (91). – С. 4–9. DOI: 10.33580/2541-9684-2022-91-4-4-9.

18. Шишкалов И.Ю. Условия локализации и генезис золотоносных минерализаций Малка-Муштинского рудного узла (Северный Кавказ). // *Геология, геоэкология и ресурсный потенциал Урала и сопредельных территорий*. – 2017. – № 5. – С. 193-200.
19. Щербаков Ю.Г. Химическая эволюция вещества Земли и эндогенное рудообразование. Золото и редкие элементы в геохимических процессах. – Новосибирск: Наука. – 1976. – С. 14–33.
20. Япаскурт О.В. Предметаморфические изменения осадочных пород в стратифере: Процессы и факторы. – М.: ГЕОС. 1999. – 260 с.
21. Goldfarb R.J., Taylor R.D., Collins G.S., Goryachev N.A., Orlandini O.F. Phanerozoic continental growth and gold metallogeny of Asia. // *Gondwana Research*. – 2014. – Vol. 25. – pp. 48–102.
22. Groves D. I., Goldfarb R. J., Robert F., Hart C. J. R. Gold deposits in metamorphic belts: overview of current understanding, outstanding problems, future research, and exploration significance. // *Econ. Geol.* – 2003. – Vol. 98. – pp. 1–29.
23. Kaigorodova E.N., Chugaev A.V., Lebedev V.A., Sadasyuk A.S., Gareev B.I., Batalin G.A. The Raduzhnoe Au–sulfide deposit (Northern Caucasus): geological settings, mineralogy, and sources of metals. // *Geology of ore deposits*. – 2022. – T. 64. №5. – P. 257–280. DOI: 10.1134/s1075701522040031.
24. Large R. R., Bull S. W., Maslennikov V. V. A carbonaceous sedimentary source-rock model for Carlin-type and orogenic gold deposits. // *Econ. Geol.* – 2011. – Vol. 106. – P. 331–358.
25. Large R.R., Maslennikov V.V. Invisible gold paragenesis and geochemistry in pyrite from orogenic and sediment-hosted gold deposits. // *Minerals*. – 2020. – Vol. 10. № 4. – P. 339–352.
26. Manikyamba C., Kerrich R., González-Alvarez I., Mathura R., Khannaa T.C. Geochemistry of Paleoproterozoic black shales from the Intracontinental Cuddapah basin, India: implications for provenance, tectonic setting, and weathering intensity. // *Precam. Res.* – 2008. – Vol. 162. – P. 424–440.
27. Parada S.G. The litogenic nature of some gold deposits in carbonaceous-terrigenous sequences. // *Lithology and Mineral Resources*. – 2002. – Vol. 37. No. 3. – pp. 270–283.
28. Sener A.K., Grainger C.J., Groves D.I. Epigenetic gold-platinum-group element deposits: examples from Brazil and Australia. // *Trans. Inst. Mining Metal.* – 2002. – Vol. 111. – P. 65–73.
29. Tomish S.A. An outline of the Economic Geology of Kalgoorlie, Western Australia. // *Trans. Geol. Soc. S. Afr.* – 1986. – No. 89. – P. 35–55.

## References

1. Artemov I.A., Popov Yu.V., Sharova T.V. Mineralogical and petrographic zoning of rocks of burning sandy-argillaceous waste heaps of the Eastern Donbass. *Advances in current natural science*. 2022. No.11. pp. 107–112. (In Russ.)
2. Buryak V.A. *Metamorphism and ore formation*. Moscow. Nedra. 1982. 256 p. (In Russ.)
3. Buryak V.A., Bakulin Yu.I. *Metallogeny of gold*. Vladivostok: Dalnauka, 1998. 403 p. (In Russ.)
5. Glazyrina N.V., Glazyrin E.A. Kobaltin-pentlandite-pyrrhotite sulfide mineralization of black shale deposits. *Notes of the Russian Mineralogical Society*. 2011. Vol. 140. No. 1. pp. 83–90. (In Russ.)
6. Gluck D.S. Redistribution of gold in a column of rocks under thermogradient conditions. *Dokl. Academy of Sciences SSSR*. 1986. Vol. 286. No. 5. pp. 1232–1235. (In Russ.)
7. Ermolaev N.P., Sozinov N.A., Kotina R.P., Pashkova E.A., Goryachkin N.I. Mechanisms of concentration of precious metals in terrigenous-carbonaceous deposits. Moscow. Scientific World. 1999. 124 p. (In Russ.)
8. Zakrutkin V.E., Reshetnyak V.N., Gibkov E.V., Sklyarenko G.Yu. Autigenic iron minerals in river sediments of Eastern Donbass. *Geology and Geophysics of Russian South*. 2023. Vol. 13. No. 3. pp. 102–121. DOI:10.46698/VNC.2023.95.74.008. (In Russ.)
9. Kokin A.V. Evaluation of the prospects of ore objects. Rostov-on-Don. Rostizdat. 2005. 384 p. (In Russ.)

10. Konstantinov M.M. Stratiform gold mineralization – achievements and problems of constructing models of ore-forming systems. *Ores and metals*. 1993. No.1–2. pp. 14–20. (In Russ.)
11. Kurbanov N.K., Arifulov Ch.Kh., Ivanov V.A., Romanov V.I. Polygenic-polychronous gold deposits of terrigenous complexes. *Ores and metals*. 1992. Starting number. pp. 54–61. (In Russ.)
12. Mokhov A.V. Reconstruction of land relief and sedimentation conditions in the coal accumulation basin (at the example of Eastern Donbass). *Geology and Geophysics of Russian South*. 2022. Vol. 12. No. 3. pp. 107–118. DOI: 10.46698/VNC.2022.86.44.007. (In Russ.)
13. Parada S.G. Platinum and platinoids in Paleozoic black shale strata of the Forward Range (North Caucasus). *Geology and Geophysics of Russian South*. 2023. Vol. 13. No. 1. pp. 112–124. DOI: 10.46698/VNC.2023.14.73.008. (In Russ.)
14. Rundqvist D.V. The time factor in the formation of deposits: periods, epochs, stages and stages of ore formation. *Geology of Ore. deposits*. 1997. V. 39. No. 1. pp. 11–24. (In Russ.)
15. Ryabov G.V., Bogush I.A. Typification of pyrite deposits of the North Caucasus. *News of universities of the North Caucasus region. Technical science*. 2012. No. 5. pp. 88–91. (In Russ.)
16. Skripchenko N.S. Hydrothermal-sedimentary sulfide ores of basaltoid formations. Moscow. Nedra. 1972. 216 p. (In Russ.)
17. Cherkashin V.I., Bogush I.A., Ryabov G.V., Isaeva N.A. Metallogenic model of noble metals of the Phanerozoic North Caucasus. In: *Proc. of the Institute of Geology of DSC RAS*. 2022. No. 4. Issue 91. pp. 4–9. DOI: 10.33580/2541-9684-2022-91-4-4-9. (In Russ.)
18. Shishkalov I.Yu. Localization conditions and genesis of gold-bearing mineralizations of the Malka-Mushta ore cluster (North Caucasus). *Geology, geoecology and resource potential of the Urals and adjacent territories*. 2017. No. 5. pp. 193–200. (In Russ.)
19. Shcherbakov Yu.G. Chemical evolution of the Earth's matter and endogenous ore formation. *Gold and rare elements in geochemical processes*. Novosibirsk. Nauka. 1976. pp. 14–33. (In Russ.)
20. Yapaskurt O.V. Submetamorphic changes in sedimentary rocks in the stratisphere: Processes and factors. Moscow. GEOS. 1999. 260 p. (In Russ.)
21. Goldfarb R.J., Taylor R.D., Collins G.S., Goryachev N.A., Orlandini O.F. Phanerozoic continental growth and gold metallogeny of Asia. *Gondwana Research*. 2014. Vol. 25. pp. 48–102.
22. Groves D.I., Goldfarb R.J., Robert F., Hart C.J.R. Gold deposits in metamorphic belts: overview of current understanding, outstanding problems, future research, and exploration significance. *Econ. Geol.* 2003. Vol. 98. pp. 1–29.
23. Kaigorodova E.N., Chugaev A.V., Lebedev V.A., Sadasyuk A.S., Gareev B.I., Batalin G.A. The Raduzhnoe Au–sulfide deposit (Northern Caucasus): geological settings, mineralogy, and sources of metals. *Geology of ore deposits*. 2022. Vol. 64. No. 5. pp. 257–280. DOI: 10.1134/s1075701522040031.
24. Large R.R., Bull S.W., Maslennikov V.V. A carbonaceous sedimentary source-rock model for Carlin-type and orogenic gold deposits. *Econ. Geol.* 2011. Vol. 106. pp. 331–358.
25. Large R.R., Maslennikov V.V. Invisible gold paragenesis and geochemistry in pyrite from orogenic and sediment-hosted gold deposits. *Minerals*. 2020. Vol. 10. No. 4. pp. 339–352.
26. Manikyamba C., Kerrich R., González-Alvarez I., Mathura R., Khanna T.C. Geochemistry of Paleoproterozoic black shales from the Intracontinental Cuddapah basin, India: implications for provenance, tectonic setting, and weathering intensity. *Precam. Res.* 2008. Vol. 162. pp. 424–440.
27. Parada S.G. The litogenic nature of some gold deposits in carbonaceous-terrigenous sequences. *Lithology and Mineral Resources*. 2002. Vol. 37. No. 3. pp. 270–283.
28. Sener A.K., Grainger C.J., Groves D.I. Epigenetic gold-platinum-group element deposits: examples from Brazil and Australia. *Trans. Inst. Mining Metal.* 2002. V. 111. pp. 65–73.
29. Tomish S.A. An outline of the Economic Geology of Kalgoorlie, Western Australia. *Trans. Geol. Soc. S. Afr.* 1986. No. 89. pp. 35–55.