

Северо-Азиатская черносланцевая рудоносная мегапровинция на северо-востоке Евразии и её перспективная минерагения

North-Asian black shale ore-bearing megaprovince in the Northeastern Eurasia and its prospective minerogeny

Гриненко В. С., Баранов В. В., Девятков В. П.

Grinenko V. S., Baranov V. V., Deviatov V. P.

На северо-востоке Евразии впервые выделена Северо-Азиатская черносланцевая рудоносная мегапровинция. В основу её выделения в двух сопредельных платформах, Сибирской и Восточно-Сибирской (погребена под Верхояно-Колымской складчатой областью), положена цикличная последовательность формирования толщ, обогащённых глинистым и органическим веществом в бореальном морском бассейне. В границах этих платформ установлены глинистые и черносланцевые породы, отнесённые к формациям «класса черносланцевых трогов, прогибов и впадин» [8, 18]. Их образование синхронно становлению Северо-Азиатской мегапровинции. Эволюция седиментогенеза происходила в морском мелководном бореальном бассейне на консолидированной континентальной коре с начала рифейской эонотемы до раннего мела включительно на протяжении более 1513 млн лет. Мегапровинция включает десять минерагенических эпох. Её минерагеническая специализация потенциально перспективна на экзогенную минерагению алмаза, рассеянные благородные металлы, элементы халькофильной, сидерофильной и редкометалльной групп, концентрированные углеводороды и энергетические (горючие) полезные ископаемые. Она тесно генетически связана с системной перестройкой режима хемогенного и терригенного седиментогенеза в бореальном морском бассейне и активизацией в пределах окружающей его континентальной суши тектонических процессов и магматической деятельности.

Ключевые слова: северо-восток Евразии, Северо-Азиатская черносланцевая рудоносная мегапровинция.

The North-Asian ore-bearing black shale megaprovince has first been distinguished in the northeastern Eurasia. Its distinguishing within the two contiguous platforms, the Siberian and East Siberian (buried under the Verkhoyansk-Kolyma folded area) ones, is based on a cyclic formation of rock sequences enriched in clayey and organic matter in the boreal sea basin. Within these contiguous platforms, clayey and black shale rocks was identified, assigned to geological formations of the “class of black shale troughs, depressions, and basins”. Their appearance was synchronous in the evolution of the North-Asian megaprovince. The sedimentogenesis evolution proceeded in the shallow-water Boreal sea basin on the consolidated continental crust from the beginning of the Riphean eonothem through the Early Cretaceous, inclusively, during more than 1513 Ma. The megaprovince embraces ten minerogenic epochs. Its minerogenic specialization is potentially promising for exogenous accumulations of diamonds; dispersed noble metals; elements of the chalcophile, siderophile, and rare metal groups; concentrated hydrocarbons; and energy (combustible) minerals. It was closely genetically related to systemic restructuring of the regime of chemogenous and terrigenous sedimentogenesis in the boreal sea basin and to reactivation of the tectonic processes and magmatic activity within its surrounding continental land.

Keywords: Northeastern Eurasia, North-Asian black shale ore-bearing megaprovince.

Для цитирования: Гриненко В. С., Баранов В. В., Девятков В. П. Северо-Азиатская черносланцевая рудоносная мегапровинция на северо-востоке Евразии и её перспективная минерагения. Руды и металлы. 2022. № 2. С. 36–55. DOI: 10.47765/0869-5997-2022-10009.

For citation: Grinenko V. S., Baranov V. V., Deviatov V. P. North-Asian black shale ore-bearing megaprovince in Northeastern Eurasia and its prospective minerogeny. Ores and metals, 2022, № 2, pp. 36–55. DOI: 10.47765/0869-5997-2022-10009.



Введение. Северо-Азиатская черносланцевая рудоносная мегапровинция располагается на северо-востоке Евразии [4, 5]. Она контролирует большую часть осадочного чехла востока Сибирской платформы и Восточно-Сибирской платформы (погребённой под Верхояно-Колымской складчатой областью) (рис. 1). Весьма сложное геологическое строение, установленное геолого-геофизическими и геологоразведочными работами, в том числе картировочным и глубоким бурением на нефть и газ, обуславливает на этой территории разнообразие промышленных групп полезных ископаемых, ещё не полностью выявленных.

Осадочный чехол этих платформ, залегающий на консолидированном (гетерогенном) основании (рис. 2), существенно неоднороден по вещественному наполнению и внутренней стратифицированной структуре разреза. На востоке Сибирской платформы он представлен байкальским, каледонским, ранне- и позднегерцинским, а также мезо- и кайнозойским тектоническими мегакомплексам: разнообразными морскими, лагунными и континентальными, в том числе угленосными, фациями. Осадочный чехол Восточно-Сибирской платформы герцинским орогенезом преобразован в существенно терригенную флишоидную осадочную призму – верхоянский терригенный комплекс (ВТК, $C_{1v}-K_1al_1$). Подстилающие толщи байкальского, каледонского и раннегерцинского мегакомплексов были почти полностью уничтожены деструктивными процессами орогенеза, что привело к залеганию терригенно-флишоидной осадочной призмы ВТК как на востоке Сибирской платформы, так и в Западном Верхоянье непосредственно на кровле дорифейского кристаллического фундамента. Белякчано-Омолойский трог, разделяющий Сибирскую и Восточно-Сибирскую платформы, в осадочных призмах карбона – раннего мела Верхоянского мегантиклинория, Сартангского и Южно-Верхоянского синклиналиев маркирован структурами в основном с линейной складчатостью. В них сформированы литологические стратоны ВТК, торцовое замыкание заполнено среднепротерозойскими красноцветными молассоидными

псаммитами, псеффитами с покровами кислых лав и их туфов Белякчанского трога, кайнозойскими песками, глинистыми сланцами, углями, лигнитами Омолойского трога.

Среди промышленных групп полезных ископаемых, выявленных на востоке Сибирской платформы, видное место занимают продуктивные залежи концентрированных углеводородов и прослой энергетических (горючих) полезных ископаемых, а также представители эндогенной и экзогенной минерации (благородные металлы, россыпи алмаза), экзогенной минерации: чёрные (железо, марганец, титан), цветные (алюминий, медь, свинец, цинк), химическое сырьё (каменная соль, самородная сера, стронций, барий, флюорит, цеолиты, каолин) и агрономические руды (фосфориты, калийные соли). В традиционно ведущую промышленную группу полезных ископаемых Восточно-Сибирской платформы входят благородные металлы, рассеянные, редкоземельные, халькофильные и сидерофильные элементы, а также концентрированные углеводороды. Установленные на этих платформах вышеперечисленные виды минерального сырья сейчас играют важную роль в развитии производительных сил Северо-Востока России.

Постановка проблемы. Один из необходимых факторов нефте-, газо- и рудонакопления в породах осадочного чехла платформ и складчатых областей – повышенное содержание в нём исходного органического ($C_{орг}$) вещества [22]. Модельные эксперименты [16] показывают высокую генерирующую возможность глинистых отложений (глины, аргиллиты, алевролиты, глинистые доломиты, глинистые известняки и др.) и значительную роль поровых растворов в концентрировании и совместной миграции водорастворённых органических веществ и рудных элементов. В расчётных моделях показано, что в глинистых породах, занимающих 45–50 % объёма всего осадочного чехла, кларковое содержание Pb, Cu, Zn, Co, Ni, V, Ti, W, Hg и $C_{орг}$ значительно больше, чем в других литологических разновидностях горных пород. Как подмечено в ходе тематических исследований по изучению разрезов

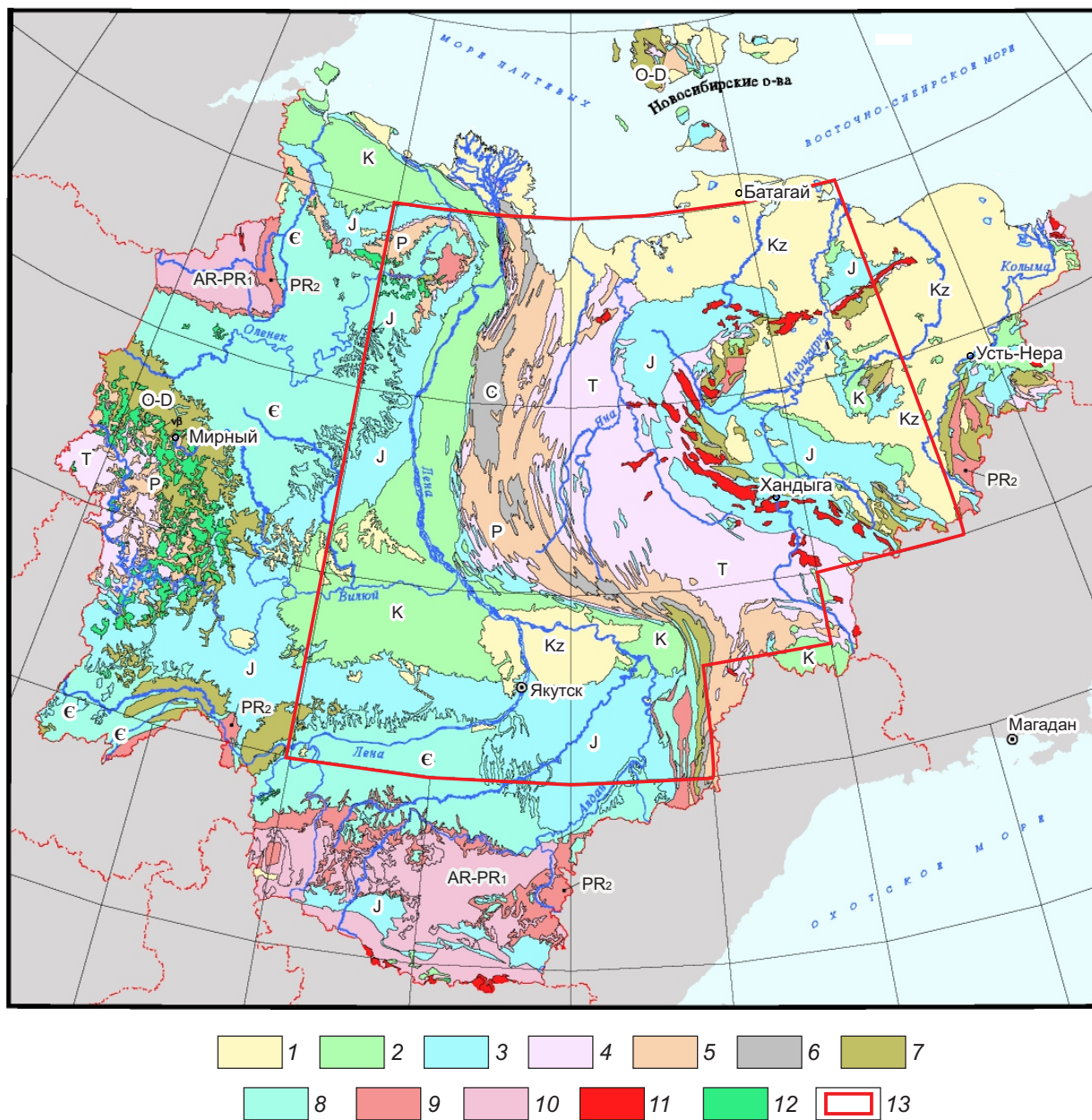


Рис. 1. Схематическая геологическая карта исследованной территории. Масштаб 1 : 10 000 000:

1 – кайнозой; 2 – мел; 3 – юра; 4 – триас; 5 – пермь; 6 – карбон; 7 – ордовик, силур, девон; 8 – кембрий; 9 – верхний протерозой; 10 – архей – нижний протерозой; 11 – мезозойские гранитоиды; 12 – интрузивные траппы (250 млн лет); 13 – контур исследованной территории

Fig. 1. Schematic geological map of the study area, scale 1 : 10 000 000:

1 – Cenozoic; 2 – Cretaceous; 3 – Jurassic; 4 – Triassic; 5 – Permian; 6 – Carboniferous; 7 – Ordovician, Silurian, Devonian; 8 – Cambrian; 9 – upper Proterozoic; 10 – Archean – lower Proterozoic; 11 – Mesozoic granitoids; 12 – intrusive traps (250 million years); 13 – contour of the explored territory

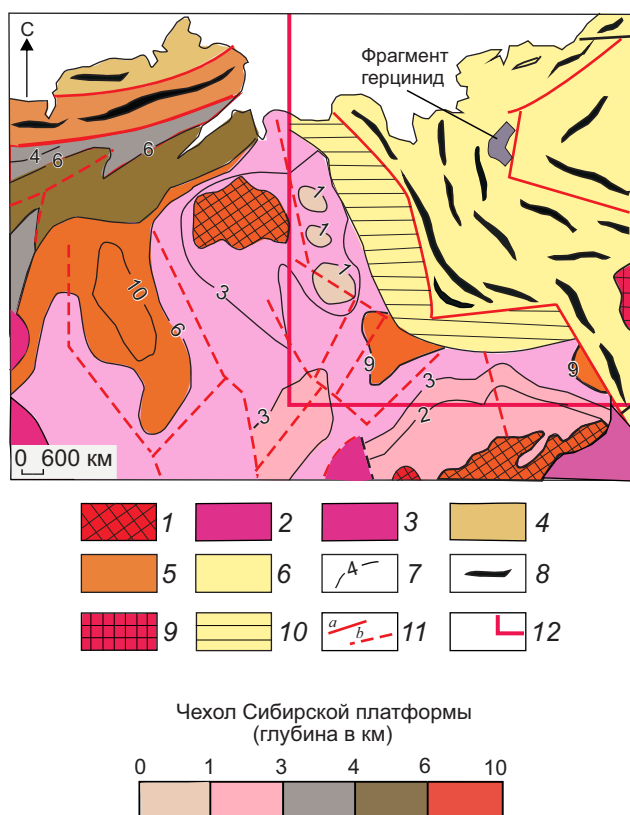


Рис. 2. Местоположение Северо-Азиатской черносланцевой рудоносной мегапровинции на северо-востоке Евразии (фрагмент Тектонической карты СССР [13]:

платформы: 1 – щиты; складчатые области: 2 – до-байкальская, 3 – байкальская, 4 – каледонская, 5 – герцинская, 6 – альпийская; 7 – изогипсы пород фундамента; 8 – простираение структуры; 9 – срединные массивы; 10 – краевые прогибы; 11 – глубинные разломы: *a* – выходящие на поверхность, *b* – погребённые; 12 – границы объекта исследований

Fig. 2. Location map of the North-Asian black shale ore-bearing megaprovince in the northeastern Eurasia (fragment of the Tectonic map of the USSR [13]:

platforms: 1 – shields; folded areas: 2 – pre-Baikal, 3 – Baikal, 4 – Caledonian, 5 – Hercynian, 6 – Alpine; 7 – isohypses of foundation rocks; 8 – stretching of the structure; 9 – median massifs; 10 – marginal deflections; 11 – deep faults: *a* – coming to the surface, *b* – buried; 12 – boundaries of the object of research

чехла и сводного мелкомасштабного картографирования территорий двух платформ, глинистые породы составляют здесь только в пермских, триасовых и юрских отложениях до 62 % [2, 4, 5, 14]. Также установлено, что при литогенезе глинистых осадков одновременно с изменением минерального состава, физических свойств, структуры и текстуры происходит высвобождение до 80–90 % объёма свободной воды. При дальнейшем погружении глинистых пород под воздействием прогрессивно возрастающих геостатических *P-T* условий уже на глубинах более 450–500 м начинают отжиматься из слабоплотных пород рыхлосвязанные и прочносвязанные воды, обладающие агрессивными свойствами и аномальной способностью растворять как минеральные компоненты пород, так и неполярные органические вещества, к примеру битумы [1, 16]. При этом режимы нагрузок на образцы, имитирующие первоначальное

плавное погружение осадков, были выбраны аналогичные природным ситуациям, – повышение до 20 МПа при температуре 25 °С, а затем наращивание нагрузок до 60 МПа и 80 °С с приложением знакопеременных и виброакустических колебаний (5–60 кГц), воспроизводящих «встряхивание» пласта и моделирующее воздействие сеймотектонических факторов. Опыты с уплотнением глинистых пород, горючих сланцев, в том числе богхедов и кукерситов, показали, что после высвобождения поровой воды в них растворялась не только так называемая твёрдая нефть и $C_{орг.}$, но и другие минеральные компоненты, вследствие этого содержание минеральных и органических компонентов в испытуемых образцах значительно уменьшалось. Так, суммарное массовое содержание основных породообразующих оксидов SiO_2 , CaO , SO_3 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , K_2O , Na_2O , MgO снизилось на 1,8–2,3 %, в том числе уменьшились значения для руд-

ных и редкоземельных элементов – Pb, Zn, Cu, Mo, Ni, Zr, Co, W, As, Sc, Rb, Y, La, Ga – до 1 %, $C_{орг.}$ – на 1,3–1,5 мас. %.

Полученный перспективный анализ позволяет изменить подходы к изучению стратифицированных толщ докембрия, палеозоя и мезозоя с развитыми в них глинистыми толщами (рис. 3) и пересмотреть их продуктивную прогнозно-поисковую оценку на чёрные сланцы. На основании вышеизложенного с учётом положения о рудном и органическом массопереносе материала поровыми водами, отжимаемыми из глинистых пород в стрессгеодинамических *P-T* условиях снизу вверх по разрезу осадочного чехла, обосновывается целесообразность выделения в докембрии и фанерозое на севере Евразии новой Северо-Азиатской черносланцевой рудоносной мегапровинции. Эти породы зафиксированы в изученном интервале докембрия – фанерозоя в минерагенических формациях, бассейнах и провинциях на востоке Сибирской и Восточно-Сибирской платформ [4, 5, 17, 19].

Краткая характеристика кровли консолидированной коры в пределах мегапровинции. На сейсмологических разрезах по профилям глубинного сейсмического зондирования (ГСЗ) Воркута – Тикси и р. Кеть – Тикси, трассирующих в широтном направлении западную и северо-западную части мегапровинции, достаточно чётко фиксируются две сейсмические границы, одна из которых отождествляется в фундаменте с кровлей экитской серии, а другая – с её подошвой. На основе этих данных, результатов государственного картографирования территории Российской Федерации в масштабе 1 : 1 000 000 (издание третье) территории севера и северо-востока Сибирской платформы за кровлю дорифейских образований (кровля консолидированной коры) была принята верхняя граница экитского комплекса [5].

Экитский гранитовый комплекс (γPR_1e) включает в себя разобщённые массивы площадью до нескольких десятков квадратных километров (самый крупный – Ортокинский), сопровождающиеся магматическими штоками и жилами. На большей части территории

Оленёкского и Куойкско-Далдынского поднятий комплекс перекрыт отложениями нижнего рифея. Изотопный возраст лейкократовых гранитов Ортокинского массива, определённый U-Pb методом по циркону по двум группам конкордантных значений (33 определения), составил 2036 ± 11 и 2111 ± 20 млн лет [3]. Севернее пос. Жиганск и ниже Атырканского погребённого выступа, в низовьях р. Лена, к экитскому комплексу с учётом имеющихся K-Ar датировок условно относятся образования, установленные в Джарджанской опорной скважине P-1 на глубине 1518 м (вскрытая мощность 102 м: чередующиеся кристаллические сланцы, кварциты, плагиогнейсы и роговообманковые гнейсы, прорванные жилами гранитов), в Говоровской скважине на глубине 1864 м (вскрытая мощность 361 м: толща метаморфизованных пород – серицит-кварцевых, кварцево-серицитовых, биотит-кварцевых, кварц-биотитовых и хлорит-биотит-кварцевых микросланцев, алевропесчаников и алевролитов) [5].

Наименее изучен региональными геолого-геофизическими исследованиями (сейсмическими профилями и методом теллурического зондирования) северо-восток Верхояно-Колымской складчатой области (Алазейское и Приколымское поднятия), где известны выходы метаморфических пород зеленосланцевой фации. Абсолютный возраст этих образований (сборы штучных образцов Ф. Ф. Третьякова) был определён в ИГ ЯФ СО АН СССР под руководством Н. И. Ненашева. Возраст метабазитов Алазейского поднятия, по данным K-Ar метода, колеблется от 1495 до 542 млн лет, а по изохронному Rb-Sr методу получена датировка в 2146 ± 138 млн лет. Дорифейские значения абсолютного возраста метаморфических образований получены и для пород фундамента Приколымского поднятия. Наряду с древними значениями абсолютного возраста Н. И. Ненашевым получены и датировки с более ранними значениями. Но при этом исследователь отмечает, что максимумы частот встречаемости явно омоложенных значений абсолютного возраста корректно соответствуют достоверно установленным и известным в



пределах Колымо-Омолонского региона рифейским, среднепалеозойским, позднепалеозойским, раннетриасовым и меловым проявлениями магматической деятельности.

Эти данные не противоречат положению, что в пределах Алазейского поднятия и на прилегающих к нему территориях земная кора была консолидирована в раннем протерозое, так же как и на Оленёкском и Якутском поднятиях Сибирской платформы [19]. При этом результаты среднемасштабной гравиразведки не опровергают, а, наоборот, подтверждают положение, что раннедокембрийские метаморфические породы как находятся на глубине, формируя при этом древнее Алазейское поднятие, так и присутствуют на его поверхности в виде реликтов. Результаты исследований Г. И. Штеха и его графические построения подтверждают изложенное выше. Исследователем построены карты в единых принципах как на западную часть Якутии (восточная часть Сибирской платформы), так и на восточную (Верхояно-Колымская складчатая область) [24]. За прошедший период изучения (более 50 лет) глубинного строения Западной и Восточной Якутии эти графические материалы по существу не изменились (в части выделения крупных форм рельефа поверхности фундамента). Поэтому у авторов настоящей статьи нет оснований сомневаться в положении кровли фундамента в пространстве в пределах двух обозначенных выше платформ.

Таким образом, в районе Алазейского поднятия земная кора имеет строение, аналогичное древним платформам (что и характерно для многих срединных массивов надвигово-складчатых областей), т. е. здесь раннедокембрийские метаморфические образования фундамента перекрыты слабодислоцированным вулканогенно-осадочным чехлом. Обширная территория Верхояно-Колымской складчатой области представлена в контуре мегапровинции чередой срединных массивов – Шелонско-Хромским, Колымским, Омолонским, Охотоморским, Адыча-Янским. В их пределах фундамент относительно приподнят и перекрыт слабодислоцированными вулканогенно-оса-

дочными образованиями чехла и довольно узких разделяющих эти массивы прогибов: Полоусненского, Сугойского, Западно-Лаптевского, Сартангско-Омолойского, Иньяли-Дебинского, Южно-Верхоянского и др., в контурах которых кровля консолидированной коры относительно опущена [24].

Существование Алазейского поднятия априори опровергает выделение Алазейско-Олойской эвгеосинклинали в целом и Алазейского островодужного террейна в частности. Собственно, в том, что Алазейское поднятие существует и оно тождественно Колымскому срединному массиву, можно не сомневаться, и вот почему на этом следует остановиться ещё раз. В районе Бадярихинской впадины, «рассекающей» Алазейское поднятие и выполненной меловыми вулканитами и осадочно-вулканогенными образованиями, находятся Седёдемские месторождения урана вулканического геолого-промышленного типа уранмолибденовой рудной формации. Подобная геологическая ситуация наблюдается в пределах Оленёкского поднятия на северо-востоке Сибирской платформы. Здесь, в бассейне р. Ортоку-Эекит, находятся проявления урана (с подсчитанными запасами) и отмечены пункты урановой минерализации. Оруденение локализовано в альбитизированных гранитоидах эекитского комплекса ($\gamma, \gamma \xi PR_1 e$) и в основании нижнерифейской сыгынахтакской свиты ($RF_1 sg$). Отметим, что толща пород, слагающая эекитскую серию ($PR_1 ek$), а также другие нижнепротерозойские первично-осадочные и осадочно-вулканогенные образования Оленёкского поднятия [5] были ранее отнесены Б. Р. Шпунтом с соавторами по интенсивности метаморфизма к зеленосланцевой фации и классифицированы как производные процесса позднедокембрийского рифтогенеза [23]. Несколько другая точка зрения была высказана О. М. Розеном с соавторами в 1984 г. при изучении эекитской серии и выделении на Оленёкском поднятии рифейской морской терригенно-вулканогенной формации. Из литературных источников [20] следует, что формация накапливалась на окраине Беректинского террейна в обстановке

активной континентальной окраины. Затем на раннепротерозойском этапе в процессе формирования Эекитского орогенного пояса она была интенсивно преобразована [5].

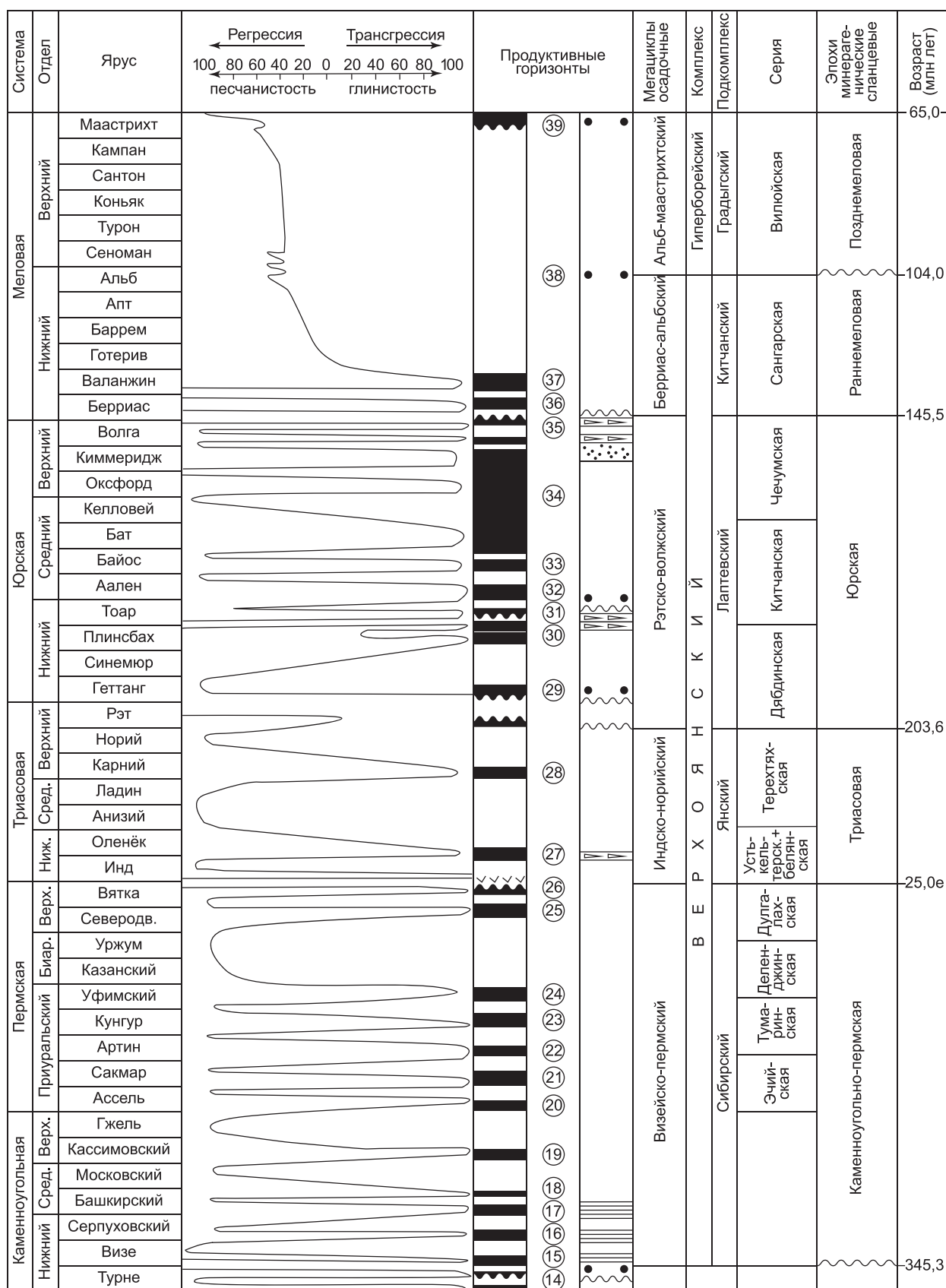
Это заключение об интенсивном преобразовании морской терригенно-вулканогенной формации можно расценивать как дезинтеграцию кровли эекитского комплекса и образование в пределах рубежа его становления мощной коры выветривания, исключающее формирование здесь каких-либо рудных формаций. Однако этот факт никак не согласуется с наличием в кровле эекитского комплекса и подошве вышележащей сыгынахтахской свиты (нижний рифей) более 30 урановых аномалий, одного пункта минерализации, установленного в пределах поднятия рудопроявления урана с запасами по кат. P_3 в 25 тыс. т. Анализируя изложенное и рассматривая эволюцию Оленёкского и Алазейского поднятий и их металлогению в едином контексте, остановимся на следующем: понятия «уран», «эвгеосинклиналь», «островная дуга», «террейн», «активная континентальная окраина» по определению несовместимы. Они не согласуются между собой, так как не могут корректно объяснить сходные условия возникновения поднятий подобного рода одновременно в нижнем протерозое, т. е. в верхней части кристаллического комплекса, в пределах Сибирской и Восточно-Сибирской платформ.

Западная периферия мегапровинции (Ботубинское поднятие, Сюгджерская седловина) характеризуется очень высокой геолого-геофизической изученностью кровли консолидированной коры (данные глубокого бурения и разрезы сейсморазведки методом отражённых глубинных точек) по профилям: р. Кеть – Тикси; Олёкминск – р. Тарей; Берёзово – Усть-Мая; Ботубия – Тунгус-Хая; Ханты-Мансийск – р. Лена). Здесь поверхность кристаллического фундамента прослежена по сейсмическому горизонту КВ (граница раздела карбонатного и терригенного венда внутри буюкской свиты). Мощность базальных терригенных образований венда – первые десятки метров (20–30), ложатся они непосредственно на кристаллический фундамент. Изогипсы горизонта КВ

проводятся на структурных картах в этом районе с сечением 25–100 м (следовательно, погрешность построений не больше указанных значений). Отсюда погрешность построений карт поверхности дорифейских образований на Ботубинском поднятии и Сюгджерской седловине составляет 50–150 м.

Наименее точны построения для Виллюйской синеклизы и сопредельной с ней на востоке части Предверхоянского краевого прогиба [24]. Если для Линденской впадины на участке с наиболее погружённой поверхностью фундамента данные ГСЗ и МТЗ (абсолютные отметки поверхности фундамента 13 и 15 км соответственно) примерно совпадают, то в районе Нижнелинденской впадины Предверхоянского прогиба данные ГСЗ (13 км) и МТЗ (21 км и более) существенно расходятся. С высокой долей вероятности можно констатировать, что в ходе интерпретации материалов МТЗ принимался двухслойный разрез чехла в районе Нижнелинденской впадины, состоящий из доминирующих толщ: терригенно-карбонатных – рифейского-венд-нижнепалеозойского, преимущественно терригенных – средне-верхнепалеозойского-мезозойского интервалов седиментации. Между тем результаты по Приленской, Джарджанской и Ивановской площадям глубокого бурения на нефть и газ указывают, что в районе Нижнелинденской впадины из разреза выпадают рифейские, вендские и нижнепалеозойские отложения. Следовательно, по материалам МТЗ значения глубин до поверхности фундамента получились несколько завышенными, т. е. они во многом зависели (в данном случае) от использованной в построениях удельной проводимости пород чехла.

Кровля консолидированной коры, установленная по геологическим, промыслово-геофизическим материалам и данным глубокого бурения в пределах восточной части Сибирской и Восточно-Сибирской платформ, позволяет оконтурить с запада на восток Северо-Азиатскую черносланцевую рудоносную мегапровинцию. В соответствии с сеткой международной разграфки, в своих границах вновь выделяемая мегапровинция на западе



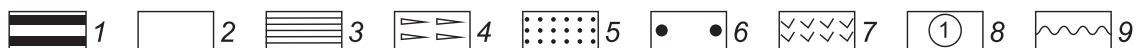
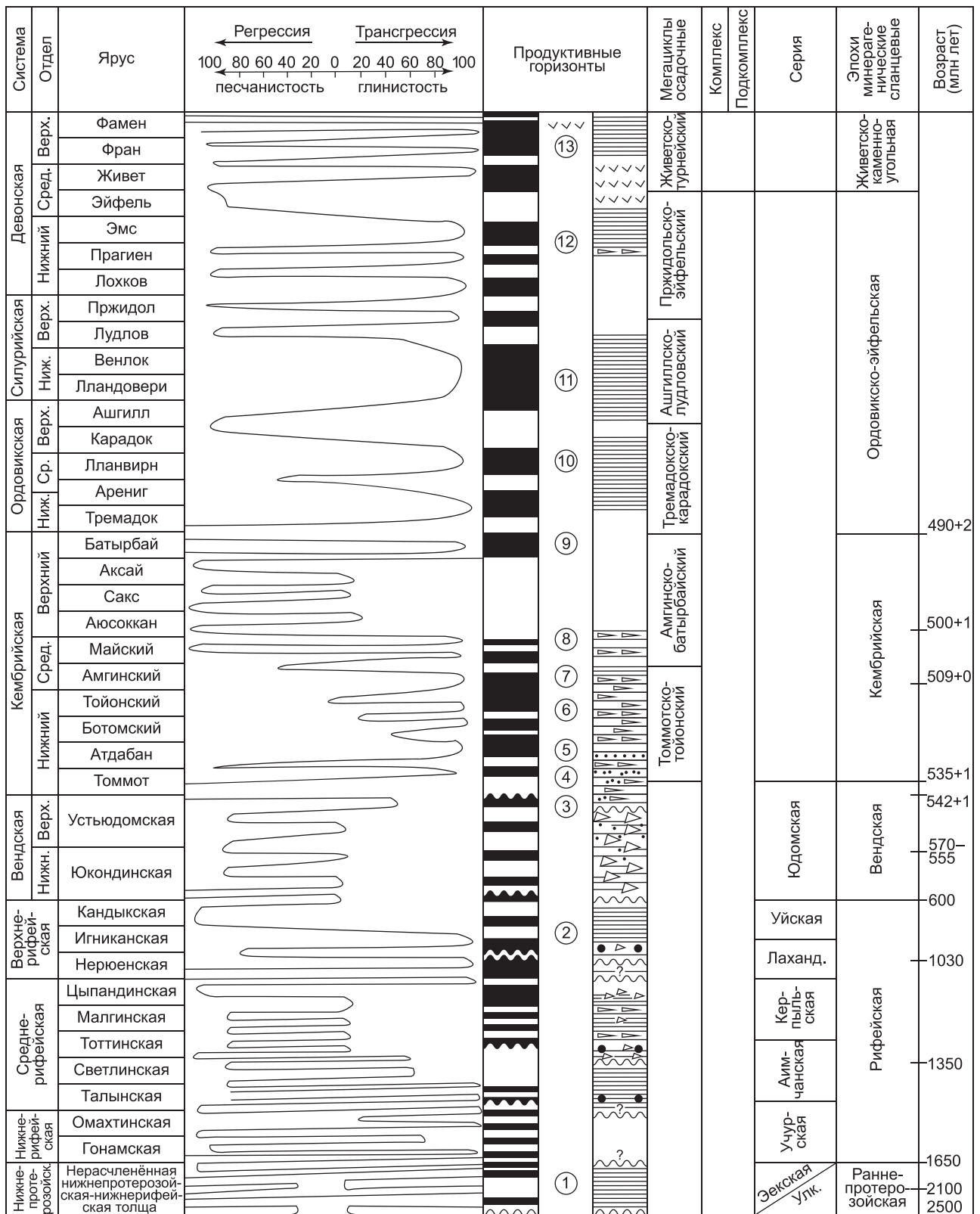




Рис. 3. Литолого-стратиграфическая модель Северо-Азиатской черносланцевой рудоносной мегапровинции:

продуктивные горизонты: 1 – глинистые, 2 – песчанистые, 3 – черносланцевые, 4 – битуминозные, 5 – глауконитовые, 6 – каолинитовых кор выветривания, 7 – вулканогенно-осадочные; 8 – продуктивные горизонты: 1 – сагынахтахский, 2 – арымасский, 3 – туркутский, 4 – пестроцветный, 5 – еланский, 6 – синский, 7 – иниканский, 8 – усть-майский, 9 – инаньинский, 10 – эльгенчанский, 11 – упорский, 12 – нижненеличенский, 13 – адамский, 14 – крапивинский, 15 – щегловский, 16 – магарский, 17 – имтанджинский, 18 – раннесолончанский, 19 – раннекыгылтасский, 20 – позднекыгылтасский, 21 – хорокытский, 22 – раннеэчийский, 23 – раннетумаринский, 24 – раннеделенджинский, 25 – раннедулгалахский, 26 – хальпирский, 27 – осипайский, 28 – тирехтяхский, 29 – кыбыттыгасский, 30 – левинский, 31 – китербютский, 32 – лайдинский, 33 – леонтьевский, 34 – васюганский, 35 – чонокский, 36 – раннебуолкалахский, 37 – позднебуолкалахский, 38 – хатырыкский, 39 – линденский; 9 – стратиграфический перерыв

Fig. 3. Lithological-stratigraphical model of the North-Asian black shale ore-bearing megaprovince:

productive horizons: 1 – clayey, 2 – sandy, 3 – black-shaly, 4 – bituminous, 5 – glauconitic, 6 – kaolinite weathering crust, 7 – volcano-sedimentary; 8 – abbreviations of the productive horizons: 1 – Sagynakhtakh, 2 – Arymas, 3 – Turkut, 4 – varicolored, 5 – Elan, 6 – Sin, 7 – Inikan, 8 – Ust'-May, 9 – Inan'i, 10 – El'genchan, 11 – Upor, 12 – Lower Lichen, 13 – Adam, 14 – Krapivinsky, 15 – Shcheglovsky, 16 – Magar, 17 – Imtandzhi, 18 – Early Solonchansky, 19 – Early Kygyltas, 20 – Late Kygyltas, 21 – Khorokyt, 22 – Early Echiya, 23 – Early Tumarin, 24 – Early Delendzhin, 25 – Early Dulgalakh, 26 – Khal'pir, 27 – Osipai, 28 – Tirechtyach, 29 – Kybyttag, 30 – Levinsky, 31 – Kiterbyut, 32 – Laidinsky, 33 – Leontievsky, 34 – Vasyugansky, 35 – Chonok, 36 – Early Buolkalakh, 37 – Late Buolkalakh, 38 – Khatyryk, 39 – Lindensky; 9 – stratigraphic interruption

контролируется 114° с. д., а на северо-востоке трансформируется 150° с. д. по абрису Алазейского поднятия. Северное обрамление охватывает континентальную сушу на границе моря Лаптевых и Восточно-Сибирского моря, а южное, в пределах Сибирской платформы, тяготеет к 60° с. ш. (см. рис. 1).

Минерагенические эпохи и их краткая характеристика. Разнофациальные осадочные толщи (см. рис. 3), покрывающие крупные по площади поднятия фундамента: Анабарское, Алданское, Томпонское, Приморское, Алазейское, Охотское, – формировались в условиях эволюции поднятий, что привело к накоплению геологического разреза сокращённого типа, изобилующего стратиграфическими перерывами и структурными несогласиями. Осадочные образования, залегающие в отрицательных структурах (Вилюйской, Верхоянской, Западно-Верхоянской, Южно-Верхоянской, Полоусненской, Иньяли-Дебинской, Момо-Зырянской), накапливались в условиях режима унаследо-

ванного прогибания (троги, прогибы или впадины). Им сопутствовал полный тип геологического разреза, осложнённого сравнительно немногочисленными перерывами в осадконакоплении, что создавало благоприятную обстановку для образования полезных ископаемых бассейнового типа и зоны дальнего сноса от наиболее древних образований к молодым, объединяемый в «класс черносланцевых трогов, прогибов и впадин» [18]. Разделение земной коры на минерагенические провинции обусловлено рельефом консолидированного основания. К глыбовым фрагментам кровли консолидированной коры нами отнесены Алданская, Анабарская, Байкало-Становая (северная часть), Тунгусская (восточная часть) провинции, а также крупные части Алазейского, Охотского массивов и ряда сооружений Верхояно-Колымской складчатой системы, выделяемые в Колымскую, Приморскую, Охотскую субпровинции. Локальные закономерности определяют особенности прост-

ранственного и временного распределения минерогенических бассейнов, районов и площадей минерализации, сформировавшихся в сравнительно непродолжительные минерогенические эпохи в результате благоприятного сочетания структурного и формационного факторов [8, 15].

Под минерогеническими эпохами подразумеваются интервалы общей стратиграфической шкалы, в которых происходило накопление значительных масс экзогенных полезных ископаемых в бореальном осадочном бассейне (см. рис. 3). Поскольку в эволюции осадочного бассейна вещественным выражением тектонических этапов служат структурные комплексы, то и в настоящей работе принята номенклатура минерогенических эпох, которая отражает временные интервалы образования структурных комплексов, связанных с формированием глинистых и потенциально черносланцевых отложений класса трогов, прогибов и впадин.

В мегапровинции выделены следующие минерогенические эпохи: раннепротерозойская (карелий); рифейская (бурзаний-каратавий); вендская; кембрийская (томмотский-тойонский, амгинский-батырбайский века); ордовикско-эйфельская (тремадокский-карадокский, ашгиллский-лудловский, пржидольский-эйфельский, живетский-турнейский века); каменноугольно-пермская (визейский-пермский век); триасовая (индско-норийский век); юрская (рэтский-волжский век); раннемеловая (берриаский-альбский век).

Раннепротерозойская минерогеническая эпоха (2500–1650 млн лет) представлена на Сибирской платформе реликтами карелид, которые установлены в пределах Оленёкского поднятия в виде выявленных пунктов минерализации олова, золота, одного проявления золота метаморфогенно-гидротермального типа, связанных с филлитовидными углеродистыми (черносланцевыми) сланцами экеитской серии (PR_{1ek}) и гранитоидами одноимённого комплекса ($\gamma, \gamma\xi PR_{1e}$). Золоторудные формации, черносланцевая и кварцевая, развитые на р. Сололи, генетически связаны с углеродсодержащими метаморфизованными породами

экеитской серии. Значение $C_{орг}$ в породах варьируется от 1,51 до 4,35 %, фоновое содержание золота – 0,005–0,03 г/т. В чёрных сланцах, метапесчаниках и метаалевролитах экеитской серии содержание Au 0,1–0,8 г/т. Отмечены Cu (0,03–0,04 %), As, Bi, Co, Ni, Fe, Pb. Прогнозные ресурсы Au по кат. P_2 – 2,6 т. Кроме указанных выше пунктов минерализации, в бассейне р. Ортоку-Экеит выявлены 30 радиоактивных аномалий. Оруденение локализовано в флюоритизированных и карбонатизированных терригенных породах нижнерифейской (возраст определён по глаукониту К-Аг методом, 1435–1380 млн лет) сагынах-тахской свиты, а также в альбитизированных гранитоидах экеитского комплекса (PR_1) [5]. Содержания урана высокие – 0,01–0,06 %. В связи с этим выделен потенциально урановорудный район с ресурсами по кат. P_3 в 25 тыс. т. Кроме урана, отмечены (в %): Mo – до 0,15; Pb – 0,3; Li до 0,02; Zn – 0,015; Va, Ce – до 0,003 г/т, Au – 0,2–0,6 г/т. По данным сейсморазведки, граница между нижним протерозоем и нижним рифеем фиксируется на закрытых территориях платформы по отражательной площадке PR_1-RF_1 . На юго-востоке платформы в эпоху алгомской кратонизации формировалась также улканская серия, по возрасту отвечающая экеитской, с подобной минерогенической специализацией.

Рифейская минерогеническая эпоха (1650–600 млн лет) коррелируется с позднепротерозойским временным рубежом формирования мегапровинции и объединяет в этот интервал три эратемы (возраст рубежей определён по глаукониту К-Аг методом), охватывающие бурзаний (1650–1350 млн лет), юрматиний (1350–1030 млн лет) и каратавий (1030–600 млн лет) [5]. По генезису и вещественному составу образования рифея – морские мелководные терригенные и терригенно-карбонатные. С них начинается осадочный чехол востока Сибирской платформы. Породы чехла залегают с размывом и резким угловым несогласием на сложнодислоцированных метаморфизованных образованиях нижнего протерозоя. По данным сейсморазведки, в чехле устанавливаются четыре сейсмокомплекса: СК-1, СК-2,



СК-3 и СК-4. Первые три отвечают нижне-, средне- и верхнерифейским образованиям. В них в терригенно-карбонатных породах в виде битумопроявлений установлены (содержание до 0,12 %) признаки нефтеносности. Уйская серия, которая должна завершать разрез рифейских образований в Учуро-Майском прогибе, в изученном интервале на северо-востоке Сибирской платформы не установлена глубоким бурением. Она также не зафиксирована в погребённых разрезах чехла и сейсморазведкой (отражательная площадка СК-4 отсутствует). Газопроявления в рифее установлены в скважине Бурская № 341-0 на северном склоне Оленёкского поднятия. Здесь на глубине 2050 м получен приток минерализованной воды с растворёнными газами (%): CH_4 – 93,92, C_2H_6 – 0,53, N_2 – 4,68, He – 0,31. На интервале глубин 2809–2849 м состав газа (%) меняется: CH_4 – 81,76, N_2 – 18,84, He – 0,48. В Говоровской скважине (глубина 2005–2008 м) в отложениях рифея отмечено увеличение газопоказаний до 0,21–0,04 % против фонового значения 0,001. По данным спектрального анализа, в бассейне верхнего течения правого притока р. Оччугуй-Сололи при анализе кварц-глауконитового песчаника из рифейской арымасской свиты выявлен пункт минерализации свинца в 2,0 %.

Вендской минерагенической эпохе свойственно формирование отложений на поздне-рифейской коре выветривания в процессе продолжающегося докембрийского мегацикла, охватившего в это время акваторию бореального морского бассейна, характеризующегося мелководными прибрежными обстановками седиментации и толщей глинистых доломитов, внутри которой наблюдаются глинисто-песчаные прослои с глауконитом. Экзогенная минерагения развивалась на коре выветривания и дезинтегрированной поверхности рифейских образований, которые залегают с угловым стратиграфическим несогласием на подстилающих отложениях рифея (глубина размыва по структурным построениям достигает 600 м) [5]. В эпоху происходили процессы, связанные с накоплением нефтеносных залежей, признаки которых установлены в виде битумопроявлений в глинистых породах Бурской 341-0 скважины (в мастахской свите содержание битума 0,47 % при мощности продуктивного горизонта 2,8 м; в туркутской – от 14,4 до 29,4 %). Установлено, что в ходе формирования в нижнем-среднем палеозое карбонатной платформы выделяются шесть мегациклов (снизу вверх): томмотско-тойонский, амгинско-батырбайский, тремадокско-карадокский, ашгиллско-лудловский, пржидольско-эйфельский, живетско-турнейский. Осадконакопление происходило в морском бореальном бассейне на протяжении более 197 млн лет.

В *кембрийскую* минерагеническую эпоху (томмотский-тойонский и амгинско-батырбайский века) в мелководных условиях морского бассейна продолжали существовать обстановки осадконакопления, связанные с глинисто-карбонатным седиментогенезом. Для него было характерно формирование нефтеносных залежей, присутствие которых предполагается на основе битумопроявлений в нерасчленённых венд-кембрийских и кембрийских отложениях. Так, на водоразделе рек Оленёк и Хорбосуонка известны проявления битумов в нижнем кембрии (содержание битумов в известняках юнкюлябит-юряхской свиты до 5,5 %, в песчаниках маттайской свиты – до 4,0 %). Групповой состав хлороформного экстракта битумов (%): масел – 7,8; смол – 5,5; асфальтенов – 4,9; карбидов – 81,8. Битуминозность ярко проявлена в осадочном чехле северного обрамления Алданской антеклизы. Здесь в нижнем кембрии накапливались черносланцевые породы: глинистые битуминозные известняки с органикой, мергели и доломиты – оолитовые водорослевые (еловская, чуранская, нохоройская, унгелинская свиты, мухатинская толща, тумурдунская свита) атдабанского яруса. Выше прослеживаются доломитизированные битуминозные известняки, глинистые битуминозные мергели и доломиты (куторгиновая, синская свиты) ботомского яруса. В пределах Алданской антеклизы к ботомскому и тойонскому ярусам относят нижнекембрийскую часть иниканской свиты, представленной глинистыми известняками, мергелями и битуминозными глинистыми до-

ломитами. На Оленёкском поднятии (бассейн р. Оленёк) в известняках и глинистых доломитах среднего кембрия установлено Юкэ-эбилское проявление битумов, а в верхнем кембрии, в глинистых доломитах лапарской свиты, выявлено содержание осмолённого битума группы А – 12 %. Групповой состав битумов (%): масла – 49,5, смолы – 19,2, асфальтены – 39,3, карбиды – 10,9. На реках Молодо, Кюскюрдян, Муна оконтурены выходы горючего сланца. Проявления приурочены к битуминозным и кремневым известнякам амгинского яруса среднего кембрия. Мощность слоёв горючего сланца 0,1–0,2 м, органического вещества в них – 10,1–15,64 %, в составе присутствуют битумы А-3,47, С-0,81, а также типичные сапропелевые образования. Содержание некоторых металлов значительно увеличено (в г/т): Cu – 69–233, Zn – 215–658, Co – 7–25, V – 664–4300, Ni – 170–327, Mo – 97–190. Куонамская свита распространена в пределах среднекембрийских отложений Ботуобинской антеклизы. Важная особенность органического вещества этого стратона – обогащённость ванадием и никелем. Скорее всего, поступление в бореальный бассейн и осаждение в нём в кембрийское время органического вещества, насыщенного ванадием и никелем, могло происходить одновременно с процессом дезинтеграции кровли поднятий и выступов кристаллического фундамента на востоке Сибирской (Оленёкский свод с Мунским, Куойско-Далдынским, Солотийским поднятиями, Олонгдинским выступом; Якутское поднятие, Томпонский выступ) и Восточно-Сибирской (Эчийский гранито-гнейсовый купол, Алазейское поднятие) платформ и др. На это указывают подобные проявления битумов, насыщенных металлами сидерофильной, халькофильной, редкометалльной и редкоземельной групп, выявленных в среднекембрийской инниканской свите (восток Сибирской платформы – Кыллахское поднятие, р. Керби; Учуро-Майский прогиб, р. Юдома). На востоке платформы черносланцевые осадочные тела (куонамская и инниканская свиты), обогащённые органическим веществом, сформировали в кембрийской части чехла куонамскую

формацию битуминозных отложений глинисто-карбонатного и кремнисто-карбонатно-глинистого составов, являющуюся основой кембрийского горючесланцевого бассейна [5].

В *ордовикско-каменноугольную* минерогеническую эпоху (тремадокский-карадокский, ашгиллский-лудловский, пржидольский-эйфельский, живетский-турнейский века) определяющими факторами накопления глинисто-углеродистых толщ являлись климат и развитие депрессионных впадин [4, 5]. Это доказывают накопление биогенных углеродисто-глинистых, карбонатных, хемогенных и красноцветных, сульфатоносных отложений, массовое распространение на шельфах в карбонатном цоколе двух платформ теплолюбивой коралловой фауны, высокое таксономическое разнообразие всех групп фауны и наличие по всему разрезу рифовых построек (биостромы, биогермы, рифы). Таким образом, каждая инициальная стадия трансгрессивно-регрессивного мегациклита совпадает с началом климатической перестройки. Максимум трансгрессий приходится на середину мегациклов. Расширение акватории бореального морского бассейна приводило к сокращению суши и гумидизации климата, а на склонах шельфовых платформ и во впадинах, часто в условиях аноксии, происходило накопление углеродисто-глинистых толщ. Черносланцевые толщи, характеризующие максимум стояния уровня бореального бассейна в начале раннего ордовика, представлены свитами: на восточном склоне горной системы Черского – учугейской (тремадок-арениг), в Эльгенчакских и Омулёвских горах – инаньинской (тремадок), на Селенняхском кряже, юго-восточном склоне хребта Полоусного – унгинской (арениг), в Южном Верхоянье – саккырырской (тремадок-лланвирн), на Юкагирском плоскогорье – гороховокаменной (арениг) и марьинской ((?) арениг-карадок). На о. Беннета, арх. Анжу эти отложения – 300-метровая толща чёрных аргиллитов и алевролитов (тремадок-арениг), на Чукотском полуострове – иколовринская толща (тремадок – ранний лланвирн). Черносланцевые породы ашгиллско-лудловского мегациклита представлены в горной сис-



теме Черского упорской свитой (лландоверивенлок), в Омулёвских горах – маутской (лландовери), на Чукотском полуострове – путукунейской (лландовери – ранний лудлов). На остальной территории северо-востока Евразии (Южное Верхоянье, западный склон горной системы Черского, Селенняхский кряж) в раннем силуре на мелководных шельфах карбонатных платформ происходило накопление преимущественно карбонатных осадков. В Южном Верхоянье в конце раннего девона на пике финальной стадии пржидольско-эйфельского веков происходило накопление пестроцветных вулканогенных отложений, с которыми связана меденосность. На Приколымском поднятии в отложениях ярходонской свиты живетского яруса найдено крупнейшее стратиформное месторождение полиметаллов [9]. Раннекаменноугольные отложения в пределах северо-востока Сибирской платформы распространены на Кютюнгинском грабене, где они представлены лагунно-континентальными карбонатно-терригенными грубообломочными породами. Алмазонасными являются горизонтально залегающие литифицированные базальные конгломераты и гравелиты прибрежно-морского генезиса. В подошве турнейской базальной пачки нижнетитехской подсерии (C_1tt_1) отмечены находки алмаза и пиропов. Подсерия залегает с размывом на верхнем кембрии и согласно перекрывается визейскими образованиями верхнетитехской подсерии (C_1tt_2) [5].

В позднем палеозое – мезозое на востоке Сибирской платформы и в прилегающей части Верхояно-Колымской складчатой области выделяются четыре мегацикла: визейско-пермский, индско-норийский, рэтско-волжский и берриас-альбский. Они соотносятся с сибирским (C_1v-P_3v), янским (T_1i-T_3n), лаптевским ($T_3r_2-J_3v$) и китчанским ($K_1b-K_1al_1$) подкомплексами ВТК ($C_1v-K_1al_1$). Осадконакопление происходило в морском мелководном бореальном палеобассейне на протяжении более 235 млн лет на консолидированной континентальной коре. Установлено, что к границам мегациклов приурочены системная перестройка режима седиментогенеза, активизация тек-

тонических процессов и магматическая деятельность.

Верхоянский терригенный комплекс прослеживается в крупнейших структурах зоны перехода «Сибирская платформа – Верхояно-Колымская складчатая область» (Анабарская антеклиза, Вилюйская синеклиза, Алданская антеклиза, Предверхоянский краевой прогиб, Верхоянский мегантиклинорий, Янский мегантиклинорий, Куларский антиклинорий, Иньяли-Дебинский синклинорий, Туостяхский антиклинорий и Полоусный синклинорий). Формирование комплекса происходило в едином Восточно-Сибирском бореальном осадочном бассейне. В верхнем палеозое и мезозое ВТК сформировался в значительной степени как крупная стратифицированная призма терригенных пород осадочного генезиса. Его становление было тесным образом связано с трансгрессивно-регрессивными циклами формирования Восточно-Сибирского бореального осадочного бассейна, а также стадиями тектоно-магматической активизации [4, 5].

В *каменноугольно-пермскую* минерагеническую эпоху важную роль на востоке Сибирской платформы и в пределах Верхояно-Колымской складчатой области играли процессы, связанные с формированием в углеродистых породах золота, концентрированных углеводородов (нефть, газ, битумы) и горючих полезных ископаемых. В Куранахском антиклинории Западного Верхоянья установлены потенциально углеродистые (черносланцевые) отложения. В них выявлены коррелируемые уровни повышенной концентрации C_{opr} от 1,2–1,5 до 4,46 % и благороднометалльной металлоносности от 0,5–0,7 до 1,0 г/т, а также концентрации выше фоновых Co, Ni, Cu, Pb, Zn, Ag, As, обычно превышающие их кларковые значения в 2–10 раз. Кроме этого, в черносланцевом терригенном разрезе установлены рассеянные элементы сидерофильной и редкометалльной групп. Они приурочены к серджахской, чочимбальской, имтанджинской свитам ВТК [7]. Нижне-, ниже-среднекаменноугольные отложения имеют в составе рассеянную вкрапленность гидротермально-осадочных сульфидов (пирит, мышьяковистый пирит), в

которых содержание благородных элементов составляет в среднем (г/т): Au – 1,14–2,60, Ag – 12,5. Впервые для Куранахского антиклинория выделен новый Хадарыньинский золото-мышьяково-сульфидный тип вкрапленного и прожилково-вкрапленного оруденения. Это обосновало перспективные пролонгацию методики поисков тонкодисперсного золота в черносланцевых породах и прогнозирование формирования крупнотоннажных объектов в черносланцевых толщах в пределах Куранахского антиклинория и Западного Верхоянья в целом [5, 10, 11].

В пределах Оленёкского поднятия к нижнепермским глинистым и потенциально черносланцевым отложениям усть-бурской свиты приурочено прогнозируемое месторождение битумов. Свита залегает с размывом на верхнекембрийской лапарской свите и перекрывается, также с размывом, нижним триасом. Для неё характерно сплошное битумонасыщение, оценённое в 15 м. Прогнозные запасы битума при содержании 0,1 % – 2,2 млрд т, свыше 2,2 % – 1,3 млрд т. В скважине № 7 в пределах прогнозируемого месторождения в усть-бурской свите отмечена капельно-жидкая нефть. В Джарджанской скважине на глубине 1412 м в пермских битуминозных песчаниках установлены метан, водород, а также тяжёлые углеводороды [5].

Пермский продуктивный комплекс Хапчагайского мегавала Вилюйской синеклизы – единое газовое поле в пределах Мастахского, Соболюхского, Неджелинского и Бадаранского месторождений. Он представлен толщей, включающей глинистые, углистые терригенные породы и пласты каменных углей, экранированные глинистым флюидоупором – мономской свитой нижнего триаса. Продуктивный газовый горизонт – P2-I. Промышленные притоки газа получены из продуктивного горизонта P2-I позднепермской тарагайской толщи, а также из более глубоких продуктивных пластов, в которых прослежены горизонты P2-II, P2-III мегавала. На Среднетюнгском месторождении Хапчагайского мегавала газ контролируется глинистыми толщами горизонтов P2-A, P2-B, P2-B, P2-Г, P2-Д. На севе-

ро-западном обрамлении Оленёкского поднятия в бассейне р. Кюнтюкелях с алевролитоглинистыми отложениями онкучахской свиты перми связаны шесть проявлений каменного угля (пласты до 0,6 м).

В образования *триасовой* минерагенической эпохи в пределах Вилюйской синеклизы включены нефтяные залежи на границе верхней перми и нижнего триаса в пределах Логлорского вала (скважина 239), выявленные по отражающему сейсмическому горизонту ТП (Среднетюнгское месторождение). Продуктивный комплекс установлен в нижнем триасе на Хапчагайском мегавалу, отнесён к глинистым породам таганджинской и мономской свит (Средневилюйское, Толон-Мастахское, Соболюх-Неджелинское месторождения). В пределах бассейна Нижней Лены и в Западном Верхоянье (верхнее течение р. Дулгалах) прослежены высокоуглеродистые черносланцевые прослои, генетически связанные с глинистыми породами (с сапропелем) нижнетриасовой чекановской свиты (р. Нижний Оленёк). Подобный уровень потенциально черносланцевых пород установлен и в оленёкских образованиях в западной части Омолонского поднятия, где он выделен в левокедонской свите как горизонт горючих сланцев (спиртобензолный экстракт 0,03–0,28 %). В Томпо-Деленьинском районе Западного Верхоянья в полях развития мощных потенциально черносланцевых алевролито-аргиллитовых и песчано-глинистых ритмично переслаивающихся морских и субконтинентальных толщ среднего и верхнего триаса установлены эпитермальные-гидротермальные месторождения серебра: Прогноз, Хачахчан, Ночное, Заря. Открытие месторождений, приуроченных к глинистым потенциально углеродистым стратиграфическим уровням среднего-верхнего триаса в Западном Верхоянье, даёт основание предположить, что аналогичные уровни в триасе могут быть обнаружены на Хараулахе и в Орулгане [4, 15]. На Оленёкском поднятии к стратиграфическому уровню рэта отнесены одиночные алмазы, выявленные в базальных конгломератах кыринской свиты (T₃-J₁kr). Экзогенная погребённая россыпь прибрежно-морского ге-



незиса (формация алмазоносных конгломератов, литоральный генетический тип) установлена в кыринской свите на р. Молодо (месторождение Верхнее Молодо).

В юрскую минерагеническую эпоху процессы угленакопления в Вилюйской синеклизе и Предверхоанском прогибе начались со второй половины средней юры, когда формировались джаскойская свита и чечумская серия (нижневиллюйская, марыкчанская и бергеинская свиты). В центральном Предверхоанье преобладают слабометаморфизованные угли (Сангарское месторождение), а на востоке, в Алданской ветви прогиба, присутствуют средне- и высокометаморфизованные разности углей (Джебарики-Хаинское месторождение). На Хараулахе, в основании разреза юры, залегающей с разрывом на нижнем нории, прослеживается пласт фосфатсодержащего песчаника мощностью 2,0 м (содержание P_2O_5 колеблется от 1,4 до 3,5 %). Выше, в 20-метровой толще аргиллитов нижнего байоса (?) встречаются фосфатные, фосфатно-сидеритовые желваки (P_2O_5 – 5,6–20,83 %, Буотарское месторождение). На Омолонском массиве фосфоритовые конкреции и желваки установлены в верхнеплинсахском и тоарском (максимальные значения P_2O_5 – до 19–20,93 % и 19,41 % соответственно) потенциально глинистом и углеродистом стратиграфических уровнях. В Джарджанской скважине в нижней юре на глубине 1222 м получен приток пластовой минерализованной воды с растворёнными горючими газами (%): CH_4 – 67, H_2 – 4,65, N_2 – 28,5. Атмогеохимические ореолы с содержанием метана от 20 до 82 % известны, по данным бурения, в бассейнах рек Бур, Бесюке, Уэль-Сиктях, Джарджан и структурно приурочены к глинистым и песчано-глинистым породам, развитым в локальных отрицательных структурах – Бурско-Хастахской, Уэль-Сиктяхской и Говоровской. В глинистых юрских песчаниках на глубине 122 м (Джарджанская скважина) установлена битуминозность в 0,08–0,16 %, также она характерна для тоарских тонкоотмученных глинистых образований (чёрных сланцев) Вилюйской синеклизы [21] и внутренней зоны Предверхоанского прогиба [12]. Газонос-

ность в Предверхоанском краевом прогибе связывается с глинистыми нижнеюрскими отложениям (Собо-Хаинское месторождение). В средне-верхнеюрских породах установлены скопления газа в кровле нижневиллюйской (верхнебатский подъярус – келловейский ярус) свиты (Усть-Вилюйское месторождение). Перспективы для выявления залежей газа в верхнеюрских отложениях Лено-Анабарского прогиба связываются с глинистой региональной покрывкой – атырканской свитой. На Оленёкском поднятии, в подошве чонокской свиты выделяется верхнеюрский алмазоносный коллектор (верхний подъярус волжского яруса). В его подошве прослеживается глинисто-песчаный гравелитоподобный литифицированный слой, в котором присутствуют алмазы уральского (бразильского) типа.

Полезные ископаемые, связанные с накоплением отложений в раннемеловую минерагеническую эпоху, представлены энергоносителями. Основные – каменные угли, месторождения которых известны на востоке Сибирской платформы и в Верхояно-Колымской складчатой области. Промышленная угленосность приурочена к определённым стратиграфическим уровням. В пределах платформы особый интерес представляет верхняя часть неокома (кюсюрская свита) и верхняя половина батылхской [6]. В Верхояно-Колымской складчатой области угленосные осадки сосредоточены главным образом в Момо-Зырянской впадине (промышленное значение имеют угли силяпской (апт) и буор-кемюсской (альб) свит).

Заключение. Впервые на северо-востоке Евразии выделена Северо-Азиатская черносланцевая рудоносная мегапровинция. В основу её выделения в пределах Сибирской и Восточно-Сибирской платформ положена циклическая последовательность формирования толщ, обогащённых глинистым и органическим веществом в бореальном морском бассейне. В пределах платформ установлены глинистые и черносланцевые породы, относимые к классу черносланцевых трогов, прогибов и впадин. Эволюция седиментогенеза происходила на этих платформах синхронно, в морс-

ком мелководном бореальном бассейне на консолидированной континентальной коре с начала рифейской эонотемы до раннего мела включительно на протяжении более чем 1513 млн лет. Выделены десять минерагенических эпох. По минерагенической специализации мегапровинция потенциально перспективна на экзогенную минерагению алмаза, рассеянные благородные металлы, элементы халькофиль-

ной, сидерофильной и редкометалльной групп, концентрированные углеводороды и энергетические (горючие) полезные ископаемые. Она тесно генетически связана с перестройкой режима хемогенного и терригенного седиментогенеза в бореальном морском бассейне, активизацией в пределах континентальной суши тектонических процессов и магматической деятельностью.

Список литературы

1. Беус А. А. Геохимия литосферы. – М. : Недра, 1972. – 296 с.
2. Будников И. В., Гриненко В. С. Клец А. Г. Верхоянский складчатый пояс – ключевой регион для решения основных проблем стратиграфии верхнего палеозоя Сибири // Отечественная геология. – 1994. – № 8. – С. 42–46.
3. Гладкочуб Д. П., Донская Т. В., Мазукабзов А. М. Гранитоиды Оленёкского поднятия (север Сибирского кратона): возраст, петрогенезис, геодинамическая позиция // Граниты и эволюция Земли: геодинамическая позиция, петрогенезис и рудоносность гранитоидных батолитов : материалы конференции. – Улан-Удэ : ИГ СО РАН, 2008. – С. 81–83.
4. Государственная геологическая карта РФ масштаба 1 : 1 000 000 (третье поколение). Лист Q-52 (Верхоянские цепи). Верхояно-Колымская серия / авт.-сост. В. С. Гриненко, А. М. Трущелев, Л. И. Сметанникова [и др.]. – СПб. : Санкт-Петербургская картфабрика ВСЕГЕИ, 2008.
5. Государственная геологическая карта РФ масштаба 1 : 1 000 000 (третье поколение). Лист R-51 (Джарджан). Анабаро-Виллюйская серия / авт.-сост. В. С. Гриненко, Л. А. Юганова, А. М. Трущелев [и др.]. – СПб. : Санкт-Петербургская картфабрика ВСЕГЕИ, 2013.
6. Гриненко В. С. Меловые континентальные образования востока Сибирской платформы // Отечественная геология. – 2007. – № 1. – С. 110–118.
7. Гриненко В. С. Металлотекты раннего-среднего карбона верхоянского терригенного комплекса (Куранахский антиклинорий, Западное Верхоянье) // Отечественная геология. – 2018. – № 5. – С. 87–92.
8. Гриненко В. С., Мишин В. М. Эчийский рудный район Западного Верхоянья (телескопирован-
ный характер, промышленные масштабы и суперпозиция оруденения) // Рудогенез и металлогения Востока Азии. – Якутск : Изд-во ЯГУ, 2006. – С. 51–54.
9. Гриненко В. С., Пантелеев В. Д. Опыт применения рентгенорадиометрического экспресс-метода при поисках полиметаллического оруденения (на примере Приколымского поднятия) // Геофизические исследования в Якутии. – Якутск : Изд-во ЯГУ, 1990. – С. 96–107.
10. Гриненко В. С., Прокопьев А. В. Углеродсодержащие стратоны верхнего палеозоя Куранахского антиклинория (Западное Верхоянье) // Наука и образование. – 2015. – № 1 (77). – С. 9–16.
11. Гриненко В. С., Прокопьев А. В. Черносланцевые геогенерации верхоянского терригенного комплекса и их продуктивная металлоносность // Наука и образование. – 2016. – № 1 (81). – С. 31–40.
12. Девятков В. П. Битуминозные сланцы раннего тоара // Геология угленосных и горючесланцевых формаций Сибири. – Новосибирск : СНИИГГиМС, 1987. – С. 116–124.
13. Зубарев С. Э., Кириков Д. А. Тектоническая карта СССР. – Л. [СПб.] : ВСЕГЕИ, Ленинградская картфабрика Мингео СССР, 1981.
14. Ивановская А. В. Литология мезозойских отложений бассейна нижнего течения р. Лены. – Новосибирск : Наука, СО, 1967. – 170 с.
15. Константинов М. М., Аристов В. В., Соловьёв К. В. Принципы районирования Верхоянской металлогенической провинции на благородные металлы // Отечественная геология. – 2003. – № 3. – С. 24–27.
16. Крюков П. А. Горные, почвенные и иловые растворы. – Новосибирск : Наука, 1971. – 220 с.



17. Малич Н. С. Тектоническое развитие чехла Сибирской платформы. – М. : Недра, 1975. – 216 с.
18. Мишин В. М., Гриненко В. С. Металлоносные черносланцевые трюги зоны перехода Сибирская платформа – Яно-Колымская складчатая область // Актуальные проблемы рудообразования и металлогении. – Новосибирск : Академическое издательство «Гео», 2006. – С. 157–159.
19. Мишин В. М., Гриненко В. С., Андреев А. П. Третий геолого-промышленный тип концентрированного оруденения Якутского погребённого поднятия: ретроспективный взгляд // Наука и образование. – 2013. – № 4 (72). – С. 18–24.
20. Розен О. М., Монаков А. В., Зинчук Н. Н. Сибирский кратон: формирование, алмазонасность / ред. С. И. Митюхин. – М. : Научный мир, 2006. – 212 с.
21. Слостёнов Ю. Л., Гриненко В. С., Петров В. Б., Сапьяник В. В. Новые данные по стратиграфии морских юрских отложений Лено-Алданского междуречья // Геология и геофизика. – 1989. – № 11. – С. 139–142.
22. Страхов Н. М. Диагенез осадков и его значение для осадочного рудообразования // Известия Академии наук СССР. Серия геологическая. – 1953. – № 5. – С. 12–50.
23. Шпунт Б. Р. Позднедокембрийский рифтогенез Сибирской платформы. – Якутск : ЯФ СО АН СССР, 1987. – 139 с.
24. Штех Г. И. Глубинное строение и история тектонического развития Вилюйской впадины. – М. : Наука, 1965. – 124 с.

References

1. Beus A. A. Geokhimiya litosfery [Geochemistry of the lithosphere], Moscow, Nedra Publ., 1972, 296 p.
2. Budnikov I. V., Grinenko V. S., Klets A. G. Verkhoyanskii skladchatyi poiyas – klyuchevoi region dlya resheniya osnovnykh problem stratigrafii verkhnego paleozoya Sibiri [Verkhoyansk folded belt – a key region for solving the main problems of stratigraphy of the Upper Paleozoic of Siberia], *Otechestvennaya geologiya* [National Geology], 1994, No 8, pp. 42–46. (In Russ.).
3. Gladkochub D. P., Donskaya T. V., Mazukabzov A. M. Granitoidy Olenekskogo podnyatiya (sever Sibirskogo kratona): vozrast, petrogenesis, geodinamicheskaya pozitsiya [Granitoids of the Olenek uplift (north of the Siberian craton): age, petrogenesis, geodynamic position], *Granity i evolyutsiya Zemli: geodinamicheskaya pozitsiya, petrogenesis i rudonosnost' granitoidnykh batolitov* [Granites and evolution of the Earth: geodynamic position, petrogenesis and ore content of granitoid batholiths], Ulan-Ude, IG SO RAN Publ., 2008, pp. 81–83.
4. Gosudarstvennaya geologicheskaya karta RF mashtaba 1 : 1 000 000 (tret'e pokolenie). List Q-52 (Verkhoyanskie tsepi). Verkhoyano-Kolymskaya seriya [State geological map of the Russian Federation scale 1 : 1,000,000 (third generation). Sheet Q-52 (Verkhoyansk chains). Verkhoyano-Kolyma series], ed. V. S. Grinenko, A. M. Trushchelev, L. I. Smetannikova et al., St. Petersburg, Sankt-Peterburgskaya kartfabrika VSEGEI Publ., 2008.
5. Gosudarstvennaya geologicheskaya karta RF mashtaba 1 : 1 000 000 (tret'e pokolenie). List R-51 (Dzhardzhan). Anabaro-Vilyuiskaya seriya [State Geological Map of the Russian Federation scale 1 : 1,000,000 (third generation). Sheet R-51 (Jarjan). Anabaro-Vilyuiskaya series], ed. V. S. Grinenko, L. A. Yuganova, A. M. Trushchelev et al., St. Petersburg, Sankt-Peterburgskaya kartfabrika VSEGEI Publ., 2013.
6. Grinenko V. S. Melovye kontinental'nye obrazovaniya vostoка Sibirskoi platformy [Cretaceous continental formations of the east of the Siberian platform], *Otechestvennaya geologiya* [National Geology], 2007, No 1, pp. 110–118. (In Russ.).
7. Grinenko V. S. Metallotekty rannego-srednego karbona verkhoyanskogo terrigenного комплекса (Kuranakhskii antiklinorii, Zapadnoe Verkhoyan'e) [Metallotects of the early-middle carboniferous of the Verkhoyansk terrigenous complex (Kuranakh anticlinorium, Western Verkhoyansk)], *Otechestvennaya geologiya* [National Geology], 2018, No 5, pp. 87–92. (In Russ.).
8. Grinenko V. S., Mishnin V. M. Echiiskii rudnyi raion Zapadnogo Verkhoyan'ya (teleskopirovannyi kharakter, promyshlennye masshtaby i superpozitsiya orudneniya [Echiysky ore district of the Western Verkhoyansk region (telescoped character, industrial scale and superposition of mineralization)], *Rudogenez i metallogeniya Vostoка Azii* [Ore genesis and metallogeny of East Asia], Yakutsk, Izd-vo YaGU Publ., 2006, pp. 51–54.

9. Grinenko V. S., Panteleev V. D. Opyt primeneniya rentgenoradiometricheskogo ekspress-metoda pri poiskakh polimetallicheskogo orudneniya (na primere Prikolymnskogo podnyatiya) [The experience of using the X-ray radiometric express method in the search for polymetallic mineralization (on the example of the Prikolymsky uplift)], *Geofizicheskie issledovaniya v Yakutii* [Geophysical research in Yakutia], Yakutsk, Izd-vo YaGU Publ., 1990, pp. 96–107.
10. Grinenko V. S., Prokop'ev A. V. Uglerodsoderzhashchie stratony verkhnego paleozoya Kuranakhskogo antiklinoriya (Zapadnoe Verkhoyan'e) [Carbonaceous straton of the Upper Paleozoic of the Kuranakh anticlinory (Western Verkhoyanie)], *Nauka i obrazovanie* [The Education and Science Journal], 2015, No 1 (77), pp. 9–16. (In Russ.).
11. Grinenko V. S., Prokop'ev A. V. Chernoslantsevye geogeneratsii verkhoyanskogo terrigennoy kompleksa i ikh produktivnaya metallonosnost' [Black shale geogenerations of the Verkhoyansk terrigenous complex and their productive ore bearing], *Nauka i obrazovanie* [The Education and Science Journal], 2016, No 1 (81), pp. 31–40. (In Russ.).
12. Devyatov V. P. Bituminoznye slantsy rannego toara [Bituminous shales of the Early Toar], *Geologiya uglenosnykh i goryucheslantsevykh formatsii Sibiri* [Geology of coal-bearing and combustible shale formations of Siberia], Novosibirsk, SNIIGiMS Publ., 1987, pp. 116–124.
13. Zubarev S. E., Kirikov D. A. Tektonicheskaya karta SSSR [Tectonic map of the USSR], Leningrad, VSEGEI, Leningradskaya kartfabrika Mingeo SSSR Publ., 1981.
14. Ivanovskaya A. V. Litologiya mezozoiskikh otlozhenii basseina nizhnego techeniya r. Leny [Lithology of Mesozoic sediments of the basin of the lower Lena River], Novosibirsk, Nauka SO Publ., 1967, 170 p.
15. Konstantinov M. M., Aristov V. V., Solov'ev K. V. Printsipy raionirovaniya Verkhoyanskoy metallogenicheskoy provintsii na blagorodnye metally [Principles of zoning Verkhoyansk metallogenic province for precious metals], *Otechestvennaya geologiya* [National Geology], 2003, No 3, pp. 24–27. (In Russ.).
16. Kryukov P. A. Gornye, pochvennye i ilovye rastvory [Mountain, soil and silt solutions], Novosibirsk, Nauka Publ., 1971, 220 p.
17. Malich N. S. Tektonicheskoe razvitie chekhla Sibirskoy platformy [Tectonic development of the cover of the Siberian platform], Moscow, Nedra Publ., 1975, 216 p.
18. Mishnin V. M., Grinenko V. S. Metallonosnye chernoslantsevye trogi zony perekhoda Sibirskaya platforma – Yano-Kolymskaya skladchataya oblast' [Metalliferous black-shale throgs of the Siberian platform – Yano-Kolyma folded region transition zone], *Aktual'nye problemy rudoobrazovaniya i metallogenii* [Actual problems of ore formation and metallogeny], Novosibirsk, Akademicheskoe izdatel'stvo "Geo" Publ., 2006, pp. 157–159.
19. Mishnin V. M., Grinenko V. S., Andreev A. P. Tretii geologo-promyshlennyi tip kontsentriruyemogo orudneniya Yakutskogo pogrebnogo podnyatiya: retrospektivnyi vzglyad [The third geological and industrial type of concentrated mineralization of the Yakut buried uplift: a retrospective view], *Nauka i obrazovanie* [The Education and Science Journal], 2013, No 4 (72), pp. 18–24. (In Russ.).
20. Rozen O. M., Monakov A. V., Zinchuk N. N. Sibirskiy kraton: formirovaniye, almazonosnost' [Siberian craton: formation, diamond bearing], ed. S. I. Mityukhin, Moscow, Nauchnyi mir Publ., 2006, 212 p.
21. Slastenov Yu. L., Grinenko V. S., Petrov V. B., Sap'yanik V. V. Novye dannye po stratigrafii morskikh yurskikh otlozhenii Leno-Aldanskogo mezhdurech'ya [New data on the stratigraphy of marine Jurassic sediments of the Leno-Aldan interfluvium], *Geologiya i geofizika* [Russian Geology and Geophysics], 1989, No 11, pp. 139–142. (In Russ.).
22. Strakhov N. M. Diagenez osadkov i ego znachenie dlya osadochnogo rudoobrazovaniya [Sediment diagenesis and its significance for sedimentary ore formation], *Izvestiya Akademii nauk SSSR. Seriya geologicheskaya* [Sediment diagenesis and its significance for sedimentary ore formation], 1953, No 5, pp. 12–50. (In Russ.).
23. Shpunt B. R. Pozdnedokembriiskii riftogenez Sibirskoy platformy [Late Precambrian riftogenesis of the Siberian platform], Yakutsk, YaF SO AN SSSR Publ., 1987, 139 p.
24. Shtekh G. I. Glubinnoe stroenie i istoriya tektonicheskogo razvitiya Vilyuiskoy vpadiny [The deep structure and history of the tectonic development of the Vilyuisk depression], Moscow, Nauka Publ., 1965, 124 p.



Авторы

Гриненко Виталий Семёнович

кандидат геолого-минералогических наук
старший научный сотрудник ¹
grinenkovs52@mail.ru

Баранов Валерий Васильевич

доктор геолого-минералогических наук
ведущий научный сотрудник ¹
baranowvalera@yandex.ru

Девятков Владимир Павлович

доктор геолого-минералогических наук
заведующий лабораторией геологии и нефтегазоносности,
ведущий научный сотрудник ²
v_deviatov@mail.ru

¹ Институт геологии алмаза и благородных металлов
СО РАН, г. Якутск, Россия

² Сибирский научно-исследовательский институт геологии
и геофизики и минерального сырья (СНИИГГиМС),
г. Новосибирск, Россия

Authors

Vitalii S. Grinenko

PhD
Senior Researcher ¹
grinenkovs52@mail.ru

Valerii V. Baranov

PhD
Leading Researcher ¹
baranowvalera@yandex.ru

Vladimir P. Deviatov

PhD
Leading Researcher ²
v_deviatov@mail.ru

¹ Diamond and Precious Metal Geology Institute, SB RAS,
Yakutsk, Russia

² Siberian Research Institute of Geology, Geophysics
and Mineral Resources,
Novosibirsk, Russia