

Применение плей-анализа при прогнозировании и поисках рудных месторождений

Плей-анализ разработан и успешно используется при поисках месторождений нефти и газа. Предлагается применить его для прогнозирования и поисков рудных месторождений. Рудный плей – совокупность месторождений, рудопоявлений и перспективных участков, имеющих общий генезис и приуроченных к одному структурно-вещественному комплексу. Поиски и разведка месторождений одного плея ведутся по одной методике; выявленные месторождения имеют сходные технологические свойства руд. Геолого-генетическая и технологическая однородность плеев упрощает их прогнозную оценку.

Ключевые слова: плей, прогнозирование, совокупность, геолого-генетический тип, технологический, геолого-экономическая оценка.

ГЛУХОВ АНТОН НИКОЛАЕВИЧ, кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник, gluhov76@list.ru

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Северо-Восточный комплексный научно-исследовательский институт им. Н. А. Шило Дальневосточного отделения Российской академии наук (СВКНИИ ДВО РАН), г. Магадан

Use of play analysis in ore deposit forecasting and prospecting

A. N. GLUKHOV

N.A. Shilo Northeast Integrated Research Institute FEB RAS, Magadan

Play analysis was developed and is successfully used in oil and gas deposit prospecting. It is recommended for use in ore deposit forecasting and prospecting. Ore plays are deposits, mineral occurrences and prospects of common genesis, they are confined to a single structural and formational complex. Within one play, deposits are prospected and explored using the same technique; discovered deposits have similar technological ore properties. Geological/genetic and technological play uniformity simplifies their forecast assessment.

Key words: play, forecasting, set, geological and genetic type, technological, geological and economic assessment.

Социально-экономическое развитие регионов Сибири и Дальнего Востока России традиционно связано в первую очередь с добычей природных ресурсов. Так, в Магаданской области доля добывающих отраслей в промышленном производстве составляет 70%, в Чукотском АО – 80% [3]. В данном контексте актуальным является совершенствование научно-методической базы для прогнозирования и поисков рудных месторождений. Несмотря на большое количество литературы, посвящённой прогнозированию и поискам месторождений, в практике работы большинства отечественных горнорудных компаний единые общепринятые и сколько-нибудь научно обоснованные принципы выделения перспективных рудозносных площадей, их оценки, а также составления и ранжирования портфеля геологоразведочных активов не применяются. Подобная ситуация серьёзно препятствует эффективной работе геологов-поисковиков, не имеющих адекватной теоретической базы

для формулирования и аргументации своих предложений по направлению поисков и разведки. В ещё большей степени это пагубно влияет на коммуникацию в профессиональном сообществе геологов-рудников. Не секрет, что геология рудных месторождений как направление научных и прикладных исследований в последние три десятилетия переживает в нашей стране не лучшие времена и испытывает дефицит новых идей. Тому есть разные причины. С одной стороны, многолетнее противостояние приверженцев эмпирического и генетического подходов к выделению геолого-генетических типов месторождений или рудных формаций привело к тому, что, как отмечал ещё В. А. Кузнецов с соавторами, «... в настоящее время нет удовлетворительной классификации рудных месторождений» [11, с. 7]. С тех пор ситуация мало изменилась. С другой стороны, социально-экономический кризис в 1990-х гг. положил конец и этим дискуссиям. Отметим, что значительная доля

актуальных представлений о рудообразовании и геолого-генетических типах месторождений разработаны исследователями Северной Америки и Австралии и опубликованы за рубежом. Большинству российских геологов-поисковиков и разведчиков, работающих в горнорудных компаниях и в так называемых «производственных» геологических предприятиях, они знакомы отрывочно: в основном из переводов различного качества, реферативных пересказов и компиляций. Это часто не позволяет им на должном научном уровне проводить прогнозно-металлогенетические исследования и обоснованно выделять площади для поисковых работ. Последние, как правило, сводятся к исхаживанию или разбурированию участков с известными прямыми поисковыми признаками, а попытки придать им хотя бы подобие научной обоснованности, как правило, встречают неприятие менеджмента предприятий.

Такая ситуация не вызывает удивления. Найдётся немного инвесторов, готовых вкладывать средства в актив, для которого неизвестны количественные и качественные характеристики, а также срок службы. Однако именно это требуется от желающих заниматься поисками, разведкой и освоением новых месторождений. Они должны потратить средства на сбор и анализ информации, предварительные платежи (взносы, бонусы), рекогносцировочные работы при минимальной информации о перспективности объектов. Инвестиции на каждом этапе связаны с затратами на приобретение дополнительной информации, определяющей эволюцию отношения «риск/прибыль». Оптимизировать расходы позволяет стадийность геологоразведочных работ (ГРП), однако на практике она часто нарушается.

В этом контексте более важным и критичным является выбор не рудопроявления или перспективного участка для оценочных горно-буровых работ, а перспективной площади или провинции для поисков. Именно от этого зависит, на что компания потратит миллионы долларов и годы работы. До сих пор подобные решения часто принимаются без упорядоченных совместных геолого-технических и экономических оценок. В практике многих горнорудных компаний есть примеры неудачных проектов, на которых они в течение многих лет несли значительные экономические потери главным образом из-за необоснованных, даже случайных решений, касающихся проектов на новых территориях.

В связи с этим представляется целесообразным обратиться к опыту геологического изучения углеводородного сырья. В современной нефтегазовой геологии в основе прогнозно-поисковых работ лежит так называемый плей-анализ [21]. Термин «плей» широко используется в англоязычной геологической

литературе как обозначение совокупности месторождений одного генетического типа (открытых или предполагаемых), поиски и разведка которых ведутся по одной методике и одинаковым комплексом технических средств, сосредоточенных в одном нефтегазоносном комплексе в пределах одной тектонической зоны, включающей один или несколько смежных структурных элементов [10]. Плей могут сменять друг друга по вертикали или по латерали. Геолого-генетическая однородность группы объектов, образующих плей, обуславливает близость технологических решений, применяемых при их освоении, то есть единство геолого-экономических показателей [5]. Наконец, применение плей-анализа позволяет корректно оценивать геологические риски при ГРП, что представляется наиболее важным для инвесторов.

Плей-анализ начинается с разделения всего геологического пространства, перспективного для поисков, на плей [8]. Изучается их геологическое строение, проводится ретроспективный анализ результатов работ предшественников с определением коэффициента их успешности, масштаба выявленных месторождений, фонда подготовленных к бурению структур и их параметров. Это, в свою очередь, позволяет уточнить объём неразведанных ресурсов, глубину бурения поисковых и разведочных скважин и дать прогноз средних запасов вновь открываемых месторождений (а также всего вероятного набора неоткрытых месторождений при достаточном объёме статистических данных по открытым месторождениям) в плее и эффективности работ в перспективе. К достоинствам плей-анализа относятся простота и ясность выбора главных направлений геологоразведочных работ и конкретных геологических задач для каждого плей, возможность обоснованного выбора частных задач и конкретных объектов в объёме каждого плей [8].

В рудной геологии до второй половины XX в. основным объектом поисков были рудопроявления. Геологоразведчикам были эмпирически известны несколько различных структурно-морфологических и минеральных типов рудных скоплений. Кроме того, опытные геологи знали, что для определённых районов характерны определённые типы рудных скоплений, не встречающиеся в других. Таким же образом в нефтегазовой геологии основное внимание геологоразведчиков было сконцентрировано на перспективных структурных «ловушках». С середины XX в. развитие учения о рудных месторождениях и смежных наук (прежде всего геохимии) позволило сконцентрировать внимание исследователей на структуре рудных и потенциально рудных полей, закономерностях строения сходных магматических

ассоциаций, экспериментальном изучении процессов минералообразования, типизации месторождений. Появился новый инструмент для выбора перспективных территорий – металлогенический анализ.

В 1970-е годы произошла существенная модификация металлогенического анализа главным образом благодаря развитию тектоники плит, технологий изучения геохимии (термобарогеохимия, изотопные методы, высокоточные химические анализы), позволивших увидеть и отобразить конфигурацию и внутреннюю геометрию рудных тел и полей. Это привело к созданию концепций «рудно-магматических систем» [2, 8] или «минеральных систем» [19] (аналогично «нефтегазовым системам» [20]). Они сделали допустимой идентификацию конкретных тектонических структур, магматических комплексов или палеогидротермальных систем как рудогенерирующих и рудораспределяющих источников. Следовательно, появилась возможность оценивать время и пути миграции минерализованных флюидов. Таким образом, геологоразведчики получили давно ожидаемый результат: ассоциирующие месторождения имеют общие историю типов рудоносного флюида, происхождения, размещения и сохранения минерализации. Это определило общность методических подходов к их изучению и близость технологии их освоения. Такие связанные группы месторождений, рудопроявлений и перспективных участков по аналогии с нефтегазовой геологией назовём рудными плеями. Объекты одного рудного плеча имеют единые генезис, состав руд и технико-технологические свойства.

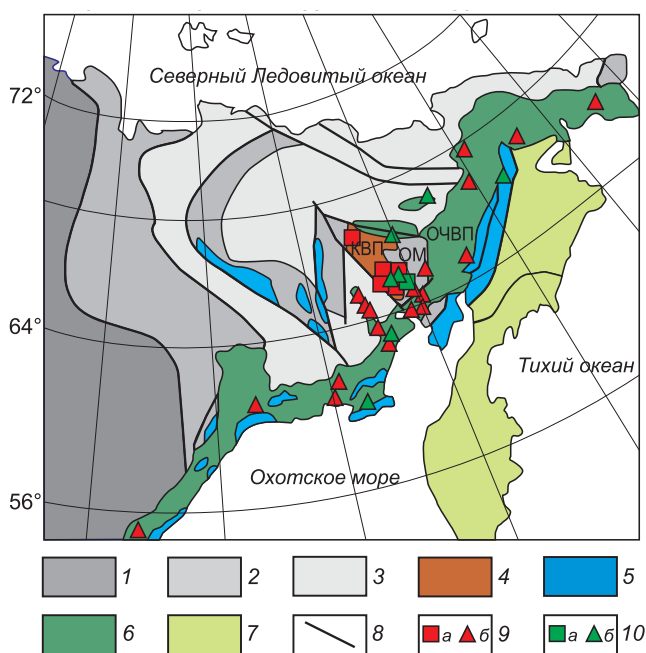
В некоторой степени аналогом термина «рудный плей» является термин «рудный комплекс» в том его значении, в котором он используется В. И. Шпикерманом [17, с. 21]: «... ряд генетически родственных рудных формаций, образовавшихся более или менее одновременно и распространённых в пределах одного района». Близкое значение вкладывает в этот тер-

мин Ю. Н. Стрик [16, с. 10]: «... ансамбль пространственно сопряжённых рудных формаций, входящих в состав определённого структурно-вещественного комплекса». Как известно, интегральным показателем, характеризующим возможность экономического освоения месторождения полезного ископаемого, является доступность. Она определяет возможность эффективного и безопасного (во всех аспектах) использования минерального сырья, полученного из данного источника с учётом состояния запасов (ресурсов), потребности в них и имеющегося технологического уровня [13]. Таким образом, дополнив *рудный комплекс* параметром *доступности*, то есть возможности разведать и рентабельно освоить месторождения данного комплекса, мы и получим «рудный плей». Его информационным выражением является «прогнозно-поисковая модель», которая на основе принципа аналогии даёт ответы на вопросы, как выглядит скопление рудного вещества, в какой геологической обстановке и по каким признакам оно может быть оценено [7]. В контексте рудного плей-анализа для обозначения рудоносных структурно-вещественных комплексов (СВК) является весьма удобным использование термина «металлотект» [4]. Следует упомянуть, что примеры фактического применения рудного плей-анализа в отечественной литературе имеются [1], хотя сами авторы не используют термин «плей». Важно учитывать, что в той же степени, в какой месторождение является экономическим объектом для промышленного освоения, рудный плей является операционным объектом для ГРП (см. таблицу).

Возникает вопрос о месте рудного плеча в таксономии металлогенических подразделений [14]. В зависимости от площади ареала развития структурно-вещественного комплекса, с которым связан плей, он может соответствовать металлогеническому поясу (10^4 – 10^5 км²), металлогенической (рудной) зоне

Иерархия факторов, влияющих на успех поисковых работ на различных уровнях изучения

Факторы	Уровни (металлогенические таксоны)			
	Рудная провинция	Рудная зона	Рудный район	Рудный узел, поле
Целевой объект	Рудная зона	Рудный район	Рудный узел, поле	Месторождение
Объект изучения	Региональный металлотект		Локальный металлотект	Рудовмещающая структура
Геолого-экономическая оценка	Необязательна	Необязательна	Необходима	Необходима
Затраты	Очень низкие	Низкие	Высокие	Очень высокие



Тектоно-металлогеническая схема Северо-Востока Азии.

По С. В. Соколову, 2010, с упрощениями и дополнениями:

1 – Северо-Азиатский кратон; 2 – структуры пассивной окраины Северо-Азиатского кратона и эпикратонные террейны (ОМ – Омолонский массив); 3 – Верхояно-Чукотская складчатая область; 4–6 – вулканогенные пояса: 4 – девонские (КВП – Кедонский), 5 – позднеюрско-раннемеловые, 6 – ранне-позднемеловые (ОЧВП – Охотско-Чукотский); 7 – кайнозойские террейны и вулканогенные пояса; 8 – разломы; 9–10 – месторождения: 9 – золото-серебряные девон-карбонного (а) и мелового (б) возраста, 10 – медно-порфиновые девонского (а) и мелового (б) возраста

(10^3 – 10^4 км²), а также рудному району и крупному узлу (10^2 – 10^3 км²). Например, эпитермальные золото-серебряные месторождения адуляр-серицитового типа, известные в пределах Охотско-Чукотского вулканогенного пояса, которые на всём его протяжении ассоциируют с одними и теми же вулcano-плутоническими ассоциациями позднемелового возраста, имеют близкие геологическое строение и состав руд [6]. Последние перерабатываются цианированием, как правило, по технологии Мэррил-Кроу (цианирование с сорбцией на цинковую пыль). Таким образом, в данном случае речь идёт о рудном плее, охватывающем целую металлогеническую провинцию (см. рисунок). Приведём другой пример. Горно-рудная компания работает в регионе, включающем два разновозрастных вулcano-плутонических пояса (девонский и меловой). С обоими поясами ассоциирует как эпитермальное золото-серебряное орудене-

ние адуляр-серицитового типа, так и медно-порфировая минерализация (см. рисунок). Золото-серебряные руды девонского возраста перерабатываются по технологии «уголь в пульпе» (цианирование с сорбцией на уголь), а мелового – Мэррил-Кроу. В свою очередь, технологические свойства медно-порфиновых руд различного возраста близки. Очевидно, что здесь мы имеем дело с четырьмя разными рудными плеями. Из них ареалы развития двух (золото-серебряные и медно-порфиновые объекты девон-карбонного возраста) ограничены пределами Кедонского вулканогенного пояса, который не выходит за пределы Омолонского массива, и соответствуют рудной зоне. Два других (меловые золото-серебряные и медно-порфиновые), как уже указывалось выше, охватывают весь Охотско-Чукотский пояс и соответствуют рудной провинции.

Итак, сформулируем понятие «плей» применительно к поискам рудных месторождений. Рудный плей – набор объектов одного геолого-генетического и геолого-промышленного типа, сосредоточенных в пределах одной региональной тектонической структуры и одного географо-экономического района. То есть это серия объектов конкретного рудного комплекса в конкретном районе, принадлежащих к конкретному структурно-морфологическому и технологическому типам. Адаптируем этот термин к принятой в нашей стране терминологии [12]: рудный плей – совокупность месторождений, рудопроявлений и перспективных участков, имеющих общий генезис, приуроченных к одному структурно-вещественному комплексу (по А. И. Кривцову [8]: рудогенерирующая формация (РГФ) + рудоносная формация (РНФ) + рудовмещающая формация (РВФ)). Поиски и разведка месторождений одного плей ведутся по одной методике и одинаковым набором технических средств; выявленные промышленные месторождения имеют сходные технологические свойства руд.

Результатами рудного плей-анализа являются: 1) оценка запасов, прогнозных ресурсов и металлогенического потенциала, 2) определение статистических закономерностей распределения объектов внутри плей по величине запасов и прогнозных ресурсов, 3) браковочные кондиции, 4) оценка рисков, 5) ранжирование плеев по степени перспективности, 6) перечень объектов, подготовленных к проведению ГРП разных стадий, 7) ранжирование объектов в пределах плей по очередности проведения ГРП, 8) программа и бюджет ГРП.

С учётом того, что перспективные площади, лицензируемые для проведения поисковых работ, имеют большие (сотни км²) площади, становится ясно, что именно оптимальный выбор плей является ключевой задачей раннего этапа ГРП. Неудачное решение

может иметь серьёзные экономические последствия для средней по величине компании, а небольшую компанию привести к гибели. Вследствие схожести типов рудоносных структур и морфологии рудных тел, общности процессов рудообразования, однотипности методов разведки и разработки, единообразия географо-экономических условий и обязательств перед государством (один плей – одна лицензия) геолого-экономическую оценку можно производить для всего плея в целом. Она будет включать как результаты поисковых, оценочных и разведочных работ, так и данные, полученные при региональном геологическом изучении [15, 18]. Отмеченная выше геолого-генетическая однородность рудных плеев существенно упрощает их геолого-экономическую оценку, которую можно выполнять по одним и тем же укрупнённым показателям.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Виноградов А. М., Малышев А. И.* Факторы и критерии, прогнозы, направление и методика поисков крупных колчеданных месторождений на Урале // *Литосфера*. – 2017. – № 5. – С. 90–109.
2. *Власов Г. М., Мишин Л. Ф.* Геотектоническая теория и магматогенно-рудные системы. – М.: Наука, 1992. – 230 с.
3. *Гальцева Н. В., Горячев Н. А.* Перспективы комплексного развития крайнего Северо-Востока России // *Геология, география, биологическое разнообразие и ресурсы Северо-Востока России*. – Магадан: СВНЦ ДВО РАН, 2011. – С. 244–246.
4. *Гриненко В. С.* Металлотекты раннего–среднего карбона верхоянского терригенного комплекса (Куранахский антиклинорий, Западное Верхоянье) // *Отечественная геология*. – 2018. – № 5. – С. 87–92.
5. *Емельянова Н. М., Пороскун В. И.* Геолого-экономическая оценка и анализ рисков плеев // *Нефтегазовая геология. Теория и практика*. – 2018. – Т. 13, № 2. – С. 1–17. DOI: https://doi.org/10.17353/2070-5379/18_2018.
6. *Золоторудные месторождения России*. – М.: Акварель, 2010. – 349 с.
7. *Кочнев А. П., Юренков Е. Г.* Основы типизации прогнозно-поисковых моделей // *Известия Сибирского отделения Секции наук о Земле РАН*. – 2014. – Т. 44, № 1. – С. 74–80.
8. *Кривцов А. И.* Прикладная металлогения. – М.: Недра, 1989. – 288 с.
9. *Крылов Н. А., Кучеря М. С.* Плей-анализ на примере Афгано-Таджикской впадины // *Геология нефти и газа*. – 2008. – № 4. – С. 24–29.
10. *Крылов Н. А., Кучеря М. С.* О корректном применении понятий «плей» и направление геологоразведочных работ // *Актуальные проблемы нефтегазовой геологии*. – 2010. – № 6. – С. 2–7.

11. *Кузнецов В. А., Дистанов Э. Г., Оболенский А. А., Сотников В. И., Шаранов В. Н.* Геолого-генетические модели эндогенных рудных формаций // *Генетические модели эндогенных рудных формаций*. Т. 1. – Новосибирск: Наука, 1983. – С. 5–13.
12. *Металлогенический кодекс России*. – М.: Геокарт-Геос, 2012. – 126 с.
13. *Пешиков А. А., Мацко Н. А.* Доступность минерально-сырьевых ресурсов. – М.: Наука, 2004. – 280 с.
14. *Плющев Е. В., Кашин С. В., Соловьев Н. С.* Месторождения, рудные узлы и металлогенические зоны как компоненты иерархической металлогенической системы // *Региональная геология и металлогения*. – 2016. – № 65. – С. 71–83.
15. *Роуз П. Р.* Анализ рисков и управление нефтегазопроисковыми проектами. – М. – Ижевск: НИЦ «РХД», Ижевский институт компьютерных исследований, 2011. – 304 с.
16. *Стрик Ю. Н.* Некоторые проблемы понятийного основания металлогении // *Вестник Воронежского университета. Геология*. – 2005. – № 1. – С. 7–10.
17. *Шпикерман В. И.* Домеловая минерагения Северо-Востока Азии. – Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 1998. – 333 с.
18. *Шумилин М. В.* Риски недропользования за рубежом и в России // *Недропользование XXI век*. – 2013. – № 2. – С. 40–44.
19. *Hagemann S. G., Lisitsin V., Huston D. L.* Mineral system analysis: Quo Vadis // *Ore Geology Reviews*. – 2016. – V. 76, № 3. – P. 504–522. DOI: [doi: 10.1016/j.oregeorev.2015.12.012](https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2015.12.012).
20. *Magoon L. B., Dow W. G.* The Petroleum System-From Source to Trap. American Association of Petroleum Geology Memoire. – 1994. – V. 60. – P. 3–24.
21. *Miller B. M.* Application of Exploration Play-Analysis Techniques to the Assessment of Conventional Petroleum Resources by the USGS // *Journal of Petroleum Technology*. – 1982. – V. 34. – P. 55–64. DOI: <https://doi.org/10.2118/9561-PA>

REFERENCES

1. *Vinogradov A. M., Malyshev A. I.* Faktory i kriterii, prognozy, napravleniye i metodika poiskov krupnykh kolchedannykh mestorozhdeniy na Urale [Factors and criteria, forecasts, direction and methods of prospecting for large pyrite deposits in the Urals]. *Litosfera*, 2017, No. 5, P. 90–109. (In Russ.)
2. *Vlasov G. M., Mishin L. F.* Geotektonicheskaya teoriya i magmatogenno-rudnyye sistemy [Geotectonic theory and magmatogenic ore systems], Moscow, Nauka publ., 1992, 230 p. (In Russ.)
3. *Galtseva N. V., Goryachev N. A.* Perspektivy kompleksnogo razvitiya kraynego Severo-Vostoka Rossii [Prospects for the integrated development of the Far North-East

- of Russia]. Geologiya, geografiya, biologicheskoye raznoobrazie i resursy Severo-Vostoka Rossii, Magadan, SVNTS DVO RAN publ., 2011, P. 244–246. (In Russ.)
4. *Grinenko V. S.* Metallotekty rannego–srednego karbona verkhoyanskogo terrigenogo kompleksa (Kuranakhskiy antiklinoriy, Zapadnoye Verkhoyanye) [Metallotects of the Early – Middle Carboniferous of the Verkhoyansk Terrigenous Complex (Kuranakh Anticlinorium, Western Verkhoyansk)]. *Otechestvennaya geologiya*, 2018, No. 5, P. 87–92. (In Russ.)
 5. *Yemelyanova N. M., Poroskun V. I.* Geologo-ekonomicheskaya otsenka i analiz riskov pleyev [Geological and economic assessment and risk analysis of losses]. *Neftgazovaya geologiya. Teoriya i praktika*, 2018, V. 13, No. 2, P. 1–17. DOI: https://doi.org/10.17353/2070-5379/18_2018. (In Russ.)
 6. *Zolotorudnyye mestorozhdeniya Rossii* [Gold ore deposits in Russia]. Moscow, Akvarel publ., 2010, 349 p. (In Russ.)
 7. *Kochnev A. P., Yurenkov Ye. G.* Osnovy tipizatsii prognozno-poiskovykh modeley [Fundamentals of typification of predictive search models]. *Izvestiya Sibirskogo otdeleniya Sektzii nauk o Zemle RAYEN*, 2014, V. 44, No. 1, P. 74–80. (In Russ.)
 8. *Krivtsov A. I.* Prikladnaya metallogeniya [Applied metallogeny]. Moscow, Nedra publ., 1989, 288 p. (In Russ.)
 9. *Krylov N. A., Kucherya M. S.* Pley-analiz na primere Afgano-Tadzhikskoy vpadiny [Play-analysis on the example of the Afghan-Tajik depression]. *Geologiya nefti i gaza*, 2008, No. 4, P. 24–29. (In Russ.)
 10. *Krylov N. A., Kucherya M. S.* O korrektnom primenении ponyatiy «pley» i napravleniye geologorazvedochnykh rabot [On the correct application of the notions “play” and the direction of geological exploration]. *Aktualnyye problemy neftegazovoy geologii*, 2010, No. 6, P. 2–7. (In Russ.)
 11. *Kuznetsov V. A., Distanov E. G., Obolenskiy A. A.* et al. Geologo-geneticheskiye modeli endogennykh rudnykh formatsiy [Geological and genetic models of endogenous ore formations]. *Geneticheskiye modeli endogennykh rudnykh formatsiy. V. 1*, Novosibirsk, Nauka publ., 1983, P. 5–13. (In Russ.)
 12. *Metallogenicheskiy kodeks Rossii*. Moscow, Geokart-Geos publ., 2012, 126 p. (In Russ.)
 13. *Peshkov A. A., Matsko N. A.* Dostupnost mineralno-syryevykh resursov [Availability of mineral resources]. Moscow, Nauka publ., 2004, 280 p. (In Russ.)
 14. *Plyushchev Ye. V., Kashin S. V., Solovyev N. S.* Mestorozhdeniya, rudnyye uzly i metallogenicheskiye zony kak komponenty iyerarkhicheskoy metallogenicheskoy sistemy [Deposits, ore clusters and metallogenic zones as components of a hierarchical metallogenic system]. *Regionalnaya geologiya i metallogeniya*, 2016, No. 65, P. 71–83. (In Russ.)
 15. *Rouz P. R.* Analiz riskov i upravleniye neftegazoposkovymi proyektami [Risk analysis and management of oil and gas prospecting projects]. Moscow and Izhevsk, NITS «RKHD» and Izhevskiy institut kompyuternykh issledovaniy publ., 2011, 304 p. (In Russ.)
 16. *Strik Yu. N.* Nekotoryye problemy ponyatiynogo osnovaniya metallogenii [Some problems of the conceptual basis of metallogeny]. *Vestnik Voronezhskogo universiteta. Geologiya*, 2005, No. 1, P. 7–10. (In Russ.)
 17. *Shpikerman V. I.* Domelovaya minerageniya Severo-Vostoka Azii [Domelovaya Minerageny of the North-East of Asia]. Magadan, SVKNII DVO RAN publ., 1998, 333 p. (In Russ.)
 18. *Shumilin M. V.* Riski nedropolzovaniya za rubezhom i v Rossii [Subsoil use risks abroad and in Russia]. *Nedropolzovaniye XXI vek*, 2013, No. 2, P. 40–44. (In Russ.)
 19. *Hagemann S. G., Lisitsin V., Huston D. L.* Mineral system analysis: Quo Vadis. *Ore Geology Reviews*, 2016, V. 76, No. 3, P. 504–522. DOI: [doi: 10.1016/j.oregeorev.2015.12.012](https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2015.12.012).
 20. *Magoon L. B., Dow W. G.* The Petroleum System – From Source to Trap. *American Association of Petroleum Geology Memoire*, 1994, V. 60, P. 3–24.
 21. *Miller B. M.* Application of Exploration Play-Analysis Techniques to the Assessment of Conventional Petroleum Resources by the USGS. *Journal of Petroleum Technology*, 1982, V. 34, P. 55–64. DOI: <https://doi.org/10.2118/9561-PA>