

УДК 33

DOI: 10.34670/AR.2023.97.99.081

## Методы проведения геолого-экономической оценки нетрадиционных ресурсов газа

**Кузина Елизавета Сергеевна**

Старший научный сотрудник,  
НИИ «Новая экономика и бизнес»,  
Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова,  
115093, Российская Федерация, Москва, Стремянный пер., 36;  
e-mail: elizaveta1991@mail.ru

### Аннотация

К нетрадиционным источникам газа соотносят ресурсы, которые расположены в сложных геологических условиях в нетрадиционных ловушках, требующих применение новых нетривиальных методов разведки, добычи, переработка и транспорта. К ним, прежде всего, можно отнести источники, которые технологически могут быть извлечены на современном этапе, либо будут извлечены в промышленном масштабе в среднесрочной перспективе. В статье проанализированы основные методы проведения геолого-экономической оценки нетрадиционных источников газа. Приведены критерии геологического освоения нетрадиционных ресурсов газа. Выделены технологические критерии такие как: зона газового выветривания, зона метаморфогенных метановых газов, геологические запасы нетрадиционного газа, извлекаемые запасы нетрадиционного газа. Рассмотрены методы проведения геолого-экономической оценки и их характеристики. Этапность проведения геолого-экономической оценки состоит в распределении точек принятия решений на основе показателей экономической эффективности геологоразведочных работ. Сделаны выводы, что необходимо проводить разбиение этапов геологоразведочных работ на стадии для принятия наиболее оптимальных решений для капитальных вложений, строительства разведочных скважин или для прекращения геологоразведочных работ.

### Для цитирования в научных исследованиях

Кузина Е.С. Методы проведения геолого-экономической оценки нетрадиционных ресурсов газа // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2023. Том 13. № 4А. С. 699-707. DOI: 10.34670/AR.2023.97.99.081

### Ключевые слова

Методы геолого-экономической оценки, геологоразведочные работы, запасы нетрадиционных источников газа, показатели экономической эффективности, нефтегазовая отрасль.

## Введение

В начале необходимо сформировать понятие нетрадиционных источников газа и что они под собой подразумевают. К нетрадиционным источникам газа соотносят ресурсы, которые расположены в сложных геологических условиях в нетрадиционных ловушках, требующих применение новых нетривиальных методов разведки, добычи, переработка и транспорта. К ним, прежде всего, можно отнести источники, которые технологически могут быть извлечены на современном этапе, либо будут извлечены в промышленном масштабе в среднесрочной перспективе. К нетрадиционным источникам газа относятся:

- газ газовых гидратов;
- метан из угольных пластов;
- сланцевый газ.

Газовые гидраты – это твердые кристаллические вещества кристаллическая решетка, которых построена из молекул воды, во внутренних полостях которых размещаются молекулы газа, образующего гидрат. Гидраты образуются там, где вода и газообразные углеводороды оказываются рядом при низких температурах и повышенных давлениях. Благодаря своей клатратной структуре газовый гидрат объемом 1 см<sup>3</sup> может содержать до 160-170 см<sup>3</sup> газа. На сегодняшний момент времени насчитывается 220 месторождений газовых гидратов на планете. Они распределены по поверхности Земли вполне равномерно и могут быть доступны большинству стран. Если мы используем только 10 процентов разведанных запасов газогидратов, мир будет обеспечен сырьем на 200 лет вперед. Разработка газогидратных залежей основана на переводе газа из твердого в газообразное состояние. Распад газогидратов возможен при повышении температуры или понижении давления, а также посредством ввода в пласт веществ, разлагающих гидрат, например, бромида кальция.

Метан угольных пластов располагается в угольных отложениях. Уголь является для метана «материнской» и вмещающей породой. Генезис образования метана – микробиологический или термический. Этан и пропан также могут образовываться в угольных отложениях, однако их доля крайне незначительна. Толща угольного пласта подвергнута тектоническим деформациям - кливажам, множеству трещин с размерами от нанометров до миллиметров, обширная сетка которых делит угольный пласт на бесконечное количество параллельных поверхностей, которые сорбируют содержащийся в угле метан. Один грамм угля состоит из микрочастиц, общая поверхность которых соизмерима с поверхностью нескольких футбольных полей. Одна тонна угля может содержать до 1300 м<sup>3</sup> метана. В зависимости от типа угля и пластового давления, не все угольные пласты могут содержать газ. Ресурсы метана угольных пластов в мире составляет 183,8 трлн. м<sup>3</sup>, а в России ресурсная база метана угольных пластов составляет 83,7 трлн. м<sup>3</sup>.

Сланцевый газ располагается в горючем сланце. Горючий сланец – это полезное ископаемое из группы твердых каустобиолитов, дающее при сухой перегонке значительное количество смолы (близкой по составу к нефти). Сланцы образовались сотни миллионов лет тому назад как донные отложения древних морей и океанов с огромным содержанием органических остатков. Горючий сланец состоит из минеральных (кальциты, доломит, гидрослюды, монтмориллонит, каолинит, полевые шпаты, кварц, пирит и др.) и органических частей (кероген), последняя составляет от 10-30% до 50-70% в сланцах самого высокого качества. Сланцевый газ – это природный газ, состоящий преимущественно из метана, простейшего углеводорода с химической формулой CH<sub>4</sub>, залегающий в сланцевых пластах – горной породе с характерным

слоистым расположением входящих в ее состав минералов. Главное отличие и главная сложность при добыче сланцевого газа – это низкая проницаемость газосодержащих сланцевых пластов: углеводород практически не просачивается сквозь плотную и очень твердую породу, поэтому дебет вертикальной скважины оказывается очень небольшим и разработка месторождения становится экономически невыгодной. Поэтому, вместо многочисленных малорентабельных вертикальных скважин применяют горизонтальное бурение с последующими многостадийными гидроразрывами пласта (МСГРП). Для повышения продуктивности скважины используется технология многостадийного гидроразрыва пласта: в горизонтальную скважину под большим (до 70 МПа) давлением закачивается смесь воды, пропанта и специальных химических реактивов, которая разрывает пласт, разрушает плотную породу и создает систему искусственно наведенных трещин, которые позволяют скважинному флюиду мигрировать к забою скважины.

### Основная часть

Согласно Государственной программе Российской Федерации «Воспроизводство и использование природных ресурсов» (с изменениями, внесенными Постановлением Правительства Российской Федерации от 31.03.2021 № 515) предусмотрено мероприятие «Организация добычи нетрадиционных источников газа», в котором указано, что для освоения нетрадиционных источников газа первоочередным приоритетом является создание соответствующей нормативно-методической базы; проведение переоценки ресурсов и подсчета запасов газовых толщ на территории Российской Федерации; создание информационных основ для геолого-экономического обоснования выбора объектов прироста промышленных запасов газа в нетрадиционных пластах и для оценки экономической эффективности их освоения [Носков, Казаков, 2021].

До проведения геолого-экономической оценки необходимо рассмотреть и проанализировать следующие технологические показатели (на примере метана угольных пластов):

1. Определение зоны газового выветривания. Приповерхностная (от 10-20 до 400-500 м) зона угленосных отложений, которая с позиций гидродинамической зональности соответствует зоне активного водообмена, где концентрация метана в природных газах угольных пластов не превышает 70%, а их метаноносность составляет не более 3-5 м<sup>3</sup>/т с.б.м. угля [Кузина, Мелехин, 2019].

2. Определение зоны метаморфогенных метановых газов. Состоит в нахождении части часть разреза угленосных отложений, находящаяся ниже зоны газового выветривания, где концентрация метана в природных газах угольных пластов достигает 70-100%, а их метаноносность изменяется от 3-5 до 35-40 м<sup>3</sup>/т с.б.м. угля [там же].

3. Определение геологических запасов метана угольных пластов. Что означает нахождение количества метана в угольных пластах, находящееся в недрах, в залежах, разбуренных скважинами, в которых получены промышленные притоки.

4. Определение извлекаемых запасов метана угольных пластов. Что означает нахождение части геологических запасов метанугольных месторождений или залежей, добыча которых из недр на дату подсчета технологически возможна и экономически эффективна в условиях конкурентного рынка с учетом соблюдения требований по охране недр и окружающей среды.

При этом при подсчете запасов и ресурсов нетрадиционных ресурсов объем расчета

является газовая залежь, наличие которой в продуктивном угольном пласте или группе пластов подтверждено промышленными притоками при освоении скважин [там же].

В качестве первоочередных для подсчета запасов и оценки ресурсов метана следует рассматривать угольные пласты со следующими свойствами [Altowilib et al., 2020]:

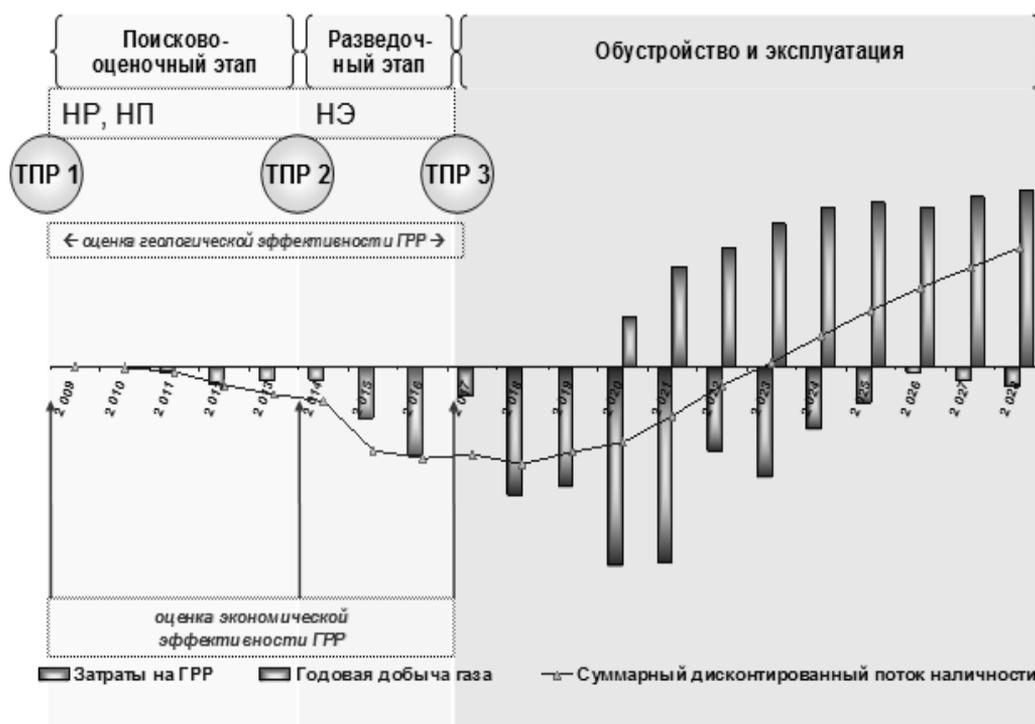
- группа метаморфизма от длиннопламенных до тощих включительно с показателем отражения витринита от 0,5 до 2,0 в иммерсии;
- метаноносность более 10 м<sup>3</sup>/т с.б.м. угля;
- среднепластовая зольность менее 35%;
- толщина (мощность) более 1,0 м.

Подсчет и учет запасов метана в продуктивных угольных пластах производят по залежам раздельно или месторождению в целом по объему метана, изначально имеющемуся в продуктивных угольных пластах [там же].

Объектом оценки ресурсов является метаноугольная залежь, наличие которой в недрах прогнозируется по результатам геологических, геофизических и геохимических исследований.

Ресурсы метана оценивают в пределах метаноугольных бассейнов, площадей, месторождений. Данные о ресурсах используются при планировании поисковых и разведочных работ.

После подтверждения технологических и геологических характеристик, производится экономическая оценка по следующим этапам, которые представлены на рисунке 1.



Точка принятия решений (ТПР) – выбор одного из возможных инвестиционных решений (продолжение проекта, выход из проекта, приостановка проекта) на основании результатов проведенных исследований и оценки эффективности проекта

Источник: разработано автором

**Рисунок 1 - Этапность проведения геолого-экономической оценки**

Также необходимо расписать последовательность проведения геолого-экономической на конкретном участке недр:

1. Получение лицензии на конкретном участке недр, либо получение лицензии на определенный вид ресурса (по результатам аукциона, на участки недр федерального значения).

2. Разработка проекта геологоразведочных работ на лицензионном участке (включая сейсморазведочные работы и поисковое бурение).

3. Проектирование и проведение сейсморазведочных работ - подготовка объектов для постановки поискового бурения, уточнение местоположения поисковых скважин.

4. Разработка проектно-строительной документации на строительство поисковых скважин на подготовленных объектах.

5. Проведение поискового бурения (строительство скважин).

6. Геологическая оценка результатов поисковых работ на лицензионном участке:

- при отсутствии притоков углеводородов в пробуренной(ных) скважине(нах) и других поисковых объектов на участке недр составляется отчет о результатах поисковых работ;

- при получении притоков углеводородов проводится подсчет запасов категорий  $C_1$  и  $C_2$  открытых месторождений (газ, конденсат, нефть).

7. Получение документов по факту первооткрывательства месторождения.

8. Получение лицензии:

- по установлению факта открытия месторождения;

- по результатам аукциона;

- по решению Правительства РФ на месторождение федерального значения.

9. Разработка проекта геологоразведочных работ (разведочное бурение, сейсморазведочные работы).

10. Проведение разведочных работ.

11. Проектирование и проведение пробной эксплуатации.

12. Подсчет запасов.

13. Отчет о результатах геологоразведочных работ (поиск и разведка) на лицензионном участке.

Основные инвестиционные решения о дальнейшей реализации проекта геологоразведочных работ (ГРР) принимаются в точках принятия решений (ТПР) до и после поисково-оценочного этапа и после разведочного этапа, а также, при необходимости, в процессе проведения ГРР.

В ТПР на основе показателей экономической эффективности ГРР и действующих требований по доходности инвестиций принимаются решения о продолжении или отказе от работ или корректировке параметров проекта.

Первой ТПР (ТПР-1) является момент принятия решения о целесообразности приобретения лицензии на участок недр с оплатой соответствующих разовых платежей. Для принятия указанного решения готовятся ТЭП, содержащие ожидаемые геологические и экономические оценки эффективности проведения ГРР на участке недр.

При разработке проекта ГРР на лицензионном участке в него включаются расчеты экономической эффективности, которые в последующем будут рассматриваться как база для проведения мониторинга. Если по лицензионному участку были разработаны ТЭП и объем планируемых ГРР не изменился, то расчеты экономической эффективности будут включаться в проект ГРР из ТЭП без изменений, в противном случае они будут проводиться с учетом объемов работ, предусмотренных в проекте ГРР.

Второй точкой является окончание поисково-оценочных работ и начало разведочных работ,

на которой для обоснования получения лицензии и начала разведочного этапа подготавливаются ТЭП. При отрицательных геологических результатах на поисково-оценочном этапе (отсутствует месторождение на разбуренной площади) принимается решение о прекращении работ без проведения экономических расчетов. На этом же этапе, при подготовке ТЭП проводится сравнение плановых показателей эффективности реализации проекта до начала этапа ГРП и после его окончания, с учетом фактически понесенных затрат и полученных результатов.

На лицензионном участке с лицензией вида НП требуется установление факта открытия месторождения, получение лицензии вида НЭ и затем – переход к разведке; на участке с лицензией вида НР осуществляется переход к разведочному этапу работ; к точке ТПР-2 можно также отнести принятие решения о приобретении лицензии на месторождения из нераспределенного фонда недр с получением лицензии вида НЭ и оплатой соответствующего разового платежа.

В рамках лицензионного участка при наличии нескольких перспективных объектов временные рамки поисково-оценочного этапа частично совпадают с разведочным. Так, на лицензионном участке с лицензией НР при наличии нескольких перспективных объектов, открытие месторождения позволяет начинать разведку на этом месторождении и продолжать поиски на других объектах лицензионного участка. Обоснование перехода на разведочный этап проводится по результатам геологической оценки с последующей экономической оценкой (при необходимости) по объекту лицензионного участка, на котором поисково-оценочные работы завершены.

Также необходимо добавить следующие основные экономические принципы ГРП:

- проведение оценки эффективности ГРП необходимо осуществлять на основе единых методологических подходов для отечественных проектов, на данный момент времени каждая компания вправе иметь свою методику проведения. При этом необходимо учитывать экономико-правовые особенности реализации, налогового окружения и единых принципов оценки на всех стадиях поисков и разведки месторождений нетрадиционных источников газа.

- оценка экономической эффективности ГРП проводится с учетом результатов анализа рынка углеводородного сырья/продуктов переработки, наличия производственной инфраструктуры и планов по ее созданию, на основе моделирования денежных потоков, включающих все связанные с поисками, разведкой и освоением прогнозируемого к открытию или открытого месторождения нетрадиционного источника газа денежные поступления и расходы данного проекта.

- оценка экономической эффективности ГРП проводится за период, включающий период поисково-оценочных и разведочных работ, инвестиционный период и двадцатипятилетний срок коммерческой эксплуатации при постоянных ценах на дату проведения оценки и при действующей системе налогообложения (при наличии информации оценка показателей экономической эффективности инвестиционного проекта проводится с учетом ожидаемых изменений в налогообложении).

- оценка экономической эффективности ГРП проводится с использованием удельных производственных стоимостных показателей ГРП.

- оценка экономической эффективности ГРП должна учитывать риски и неопределенности, связанные с ГРП.

- оценка эффективности ГРП для целей принятия инвестиционного решения должна проводиться только на предстоящие затраты и результаты.

- в целях сопоставления показателей экономической эффективности, запланированных на предыдущем(их) этапе(ах), с показателями экономической эффективности по завершении ГРР/этапа ГРР, расчеты в последнем случае необходимо выполнять с учетом фактически понесенных затрат.

- для прогнозирования уровней добычи УВ и определения технико-технологических показателей разработки запасы и ресурсы УВ различных категорий (С<sub>2</sub>, С<sub>3</sub>, Д) переводятся в категорию С<sub>1</sub> посредством применения коэффициентов подтверждаемости, определенных на основе имеющейся статистики по региону добычи.

По результатам окончания ГРР готовится отчет о геологоразведочных работах (поиск и разведка) на лицензионном участке, который включает геологическую и экономическую оценки.

При разбиении этапов ГРР на стадии, до начала каждой стадии должны предусматриваться промежуточные точки принятия решений для решения вопроса о целесообразности продолжения или прекращения ГРР.

### Заключение

Геолого-экономическую оценку месторождения производят с целью обоснования экономической целесообразности его промышленного освоения.

Результаты геолого-экономической оценки должны подтверждать экономическую эффективность вовлечения рассматриваемого месторождения или его части в промышленную разработку при текущих или потенциально возможных в будущем рыночных условиях.

### Библиография

1. Государственная программа Российской Федерации «Воспроизводство и использование природных ресурсов» (с изменениями, внесенными Постановлением Правительства Российской Федерации от 31.03.2021 № 515).
2. Конторович А.Э., Эдер Л.В. Новая парадигма стратегии развития сырьевой базы нефтедобывающей промышленности Российской Федерации // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. 2015. № 5. С. 8-17.
3. Кузина Е.С., Мелехин Е.С. О достоверности геолого-экономических оценок в недропользовании // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. 2019. № 5 (168). С. 52-55.
4. Кузина Е.С., Швачко Е.В. Перспективы использования метана из угольных пластов // Наука и техника в газовой промышленности. 2015. № 2 (62). С. 22-25.
5. Мелехин Е.С. Экономические аспекты формирования системы рационального недропользования в современных условиях. М., 2018. 147 с.
6. Мелехин Е.С., Афонина И.А. Проблемы геолого-экономической и стоимостной оценки в недропользовании // Микроэкономика. 2018. № 1. С. 28-30.
7. Новоселов А.Л., Новоселова И.Ю., Мелехин Е.С. Экономическая оценка минеральных ресурсов с учетом рисков и неопределенности // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. 2014. № 6. С. 29-33.
8. Носков А., Казаков М. Перспективы использования нетрадиционного углеводородного сырья в ТЭК России // Энергетическая политика. 2021. № 5. С. 14-25.
9. Торчинашвили Д.Т. Особенности добычи нетрадиционных углеводородных запасов в России // Молодой ученый. 2019. № 13 (251). С. 140-142.
10. Altowilib A. et al. Reserves estimation for coalbed methane reservoirs: A review // Sustainability (Switzerland). 2020. 12 (24). 10621. P. 1-26 DOI: 10.3390/su122410621

---

## Methods for conducting geological and economic assessment of unconventional gas resources

**Elizaveta S. Kuzina**

Senior Researcher,  
Research Institute of New Economy and Business,  
Plekhanov Russian University of Economics,  
115093, 36, Stremyannyi lane, Moscow, Russian Federation;  
e-mail: elizaveta1991@mail.ru

### Abstract

Unconventional gas sources include resources that are located in complex geological conditions in unconventional traps that require the use of new non-trivial methods of exploration, production, processing and transport. These, first of all, include sources that can be technologically extracted at the present stage, or will be extracted on an industrial scale in the medium term. The research in economics of oil production presented in this article analyzes the main methods for conducting a geological and economic assessment of unconventional gas sources. Criteria for the geological development of unconventional gas resources are given. Technological criteria have been identified, such as: gas weathering zone, zone of metamorphogenic methane gases, geological reserves of unconventional gas, recoverable reserves of unconventional gas. Methods for carrying out geological and economic assessment and their characteristics are considered. The phasing of the geological and economic assessment consists in the distribution of decision points based on the indicators of the economic efficiency of geological exploration. It is concluded by the authors of this research in economics that it is necessary to divide the stages of geological exploration into stages in order to make the most optimal decisions for capital investments, the construction of exploration wells, or to stop geological exploration.

### For citation

Kuzina E.S. (2023) Metody provedeniya geologo-ekonomicheskoi otsenki netraditsionnykh resursov gaza [Methods for conducting geological and economic assessment of unconventional gas resources]. *Ekonomika: vchera, segodnya, zavtra* [Economics: Yesterday, Today and Tomorrow], 13 (4A), pp. 699-707. DOI: 10.34670/AR.2023.97.99.081

### Keywords

Methods of geological and economic assessment, geological exploration, reserves of unconventional gas sources, economic efficiency indicators, oil and gas industry.

## References

1. Altowilib A. et al. (2020) Reserves estimation for coalbed methane reservoirs: A review. *Sustainability (Switzerland)*, 12 (24), 10621, pp. 1-26 DOI: 10.3390/su122410621
2. *Gosudarstvennaya programma Rossiiskoi Federatsii «Vosproizvodstvo i ispol'zovanie prirodnnykh resursov» (s izmeneniyami, vnesennymi Postanovleniem Pravitel'stva Rossiiskoi Federatsii ot 31.03.2021 № 515)* [The State Program of the Russian Federation "Reproduction and Use of Natural Resources" (as amended by Decree of the Government of the Russian Federation of March 31, 2021 No. 515)].

3. Kontorovich A.E., Eder L.V. (2015) Novaya paradigma strategii razvitiya syr'evoi bazy neftedobyvayushchei promyshlennosti Rossiiskoi Federatsii [A new paradigm of the strategy for the development of the raw material base of the oil industry of the Russian Federation]. *Mineral'nye resursy Rossii. Ekonomika i upravlenie* [Mineral Resources of Russia. Economics and Management], 5, pp. 8-17.
4. Kuzina E.S., Melekhin E.S. (2019) O dostovernosti geologo-ekonomicheskikh otsenok v nedropol'zovanii [On the reliability of geological and economic assessments in subsoil use]. *Mineral'nye resursy Rossii. Ekonomika i upravlenie* [Mineral Resources of Russia. Economics and Management], 5 (168), pp. 52-55.
5. Kuzina E.S., Shvachko E.V. (2015) Perspektivy ispol'zovaniya metana iz ugol'nykh plastov [Prospects for the use of coal-bed methane]. *Nauka i tekhnika v gazovoi promyshlennosti* [Science and technology in the gas industry], 2 (62), pp. 22-25.
6. Melekhin E.S. (2018) *Ekonomicheskie aspekty formirovaniya sistemy ratsional'nogo nedropol'zovaniya v sovremennykh usloviyakh* [Economic aspects of the formation of a system of rational subsoil use in modern conditions]. Moscow.
7. Melekhin E.S., Afonina I.A. (2018) Problemy geologo-ekonomicheskoi i stoimostnoi otsenki v nedropol'zovanii [Problems of geological, economic and cost assessment in subsoil use]. *Mikroekonomika* [Microeconomics], 1, pp. 28-30.
8. Noskov A., Kazakov M. (2021) Perspektivy ispol'zovaniya netraditsionnogo uglevodorodnogo syr'ya v TEK Rossii [Prospects for the use of non-traditional hydrocarbon raw materials in the fuel and energy complex of Russia]. *Energeticheskaya politika* [Energy Policy], 5, pp. 14-25.
9. Novoselov A.L., Novoselova I.Yu., Melekhin E.S. (2014) Ekonomicheskaya otsenka mineral'nykh resursov s uchetom riskov i neopredelennosti [Economic assessment of mineral resources considering risks and uncertainty]. *Mineral'nye resursy Rossii. Ekonomika i upravlenie* [Mineral Resources of Russia. Economics and Management], 6, pp. 29-33.
10. Torchinashvili D.T. (2019) Osobennosti dobychi netraditsionnykh uglevodorodnykh zasposov v Rossii [Peculiarities of production of unconventional hydrocarbon reserves in Russia]. *Molodoi uchenyi* [Young scientist], 13 (251), pp. 140-142.