

Научная статья  
УДК 338.001.36  
doi:10.37614/2220-802X.1.2023.79.008

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ НЕФТЕГАЗОВЫХ ПРОЕКТОВ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ СЕВЕРНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

Дмитрий Михайлович Меткин<sup>1</sup>, Олег Викторович Жуков<sup>2</sup>, Александр Александрович Темников<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup>Институт экономических проблем имени Г. П. Лузина — обособленное подразделение  
Федерального исследовательского центра «Кольский научный центр Российской академии наук», Апатиты, Россия

<sup>1,3</sup>Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербург, Россия

<sup>3</sup>Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

<sup>1</sup>metkindm@yandex.ru, ORCID 0000-0001-7905-1502

<sup>2</sup>jukov@yandex.com

<sup>3</sup>temnikov.alexander@mail.ru

**Аннотация.** В статье представлены результаты научного исследования в области изучения особенностей методического подхода к оценке эффективности геологоразведочных работ (ГРП), проводимых на трудноизвлекаемых объектах углеводородного сырья (ТРИЗ). Существующая традиционная система показателей геолого-экономической эффективности ГРП не позволяет полноценно использовать обработанные и аккумулированные геолого-геофизические данные, полученные в результате изучения объектов ТРИЗ, ввиду чего затраты, которые несет компания-недропользователь на подобные исследования, зачастую не приносят ожидаемого положительного эффекта. Использование системы дополнительных показателей эффективности ГРП позволит повысить ценность накапливаемых данных о проведенных геологических исследованиях, что, в свою очередь, положительно отразится на результативности проектов изучения и промышленной эксплуатации объектов ТРИЗ. Научная новизна представленной работы заключается в предложенной системе дополнительных показателей геолого-экономической эффективности ГРП, учитывающих специфику изучения объектов ТРИЗ, расположенных в пределах северных территорий России. Система дополнительных показателей рекомендуется к применению при осуществлении оценки геолого-экономической эффективности ГРП greenfield (предстоящих ГРП), что позволяет на различных этапах проведения работ произвести корректировку их предполагаемых натуральных объемов. Учитывая высокую долю (около 65 %) доказанных запасов нефти, относящихся к категории ТРИЗ, геологические исследования, связанные с их доизучением в ближнесрочной и среднесрочной перспективах будут играть важную роль для нефтяной промышленности страны. С другой стороны, сокращение объемов государственного финансирования геологоразведочной отрасли способствует поиску новых организационных форм и методов проведения ГРП особенно на объектах, требующих более глубокого и детального геологического изучения, к числу которых, в частности, относятся доказанные и прогнозные объекты ТРИЗ.

**Ключевые слова:** геологические данные, геологоразведочные работы, трудноизвлекаемые запасы углеводородного сырья, геолого-экономическая эффективность, методы оценки эффективности ГРП, нефтегазовые проекты, северные территории

**Для цитирования:** Меткин Д. М., Жуков О. В., Темников А. А. Совершенствование методов оценки эффективности нефтегазовых проектов геологоразведочных работ северных территорий // Север и рынок: формирование экономического порядка. 2023. № 1. С. 120–132. doi:10.37614/2220-802X.1.2023.79.008

Original article

## IMPROVING METHODS FOR EVALUATING OIL AND GAS EXPLORATION EFFICIENCY IN NORTHERN TERRITORIES

Dmitry M. Metkin<sup>1</sup>, Oleg V. Zhukov<sup>2</sup>, Alexander A. Temnikov<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup>Luzin Institute for Economic Studies of the Kola Science Centre, Russian Academy of Sciences, Apatity, Russia

<sup>1,3</sup>Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg, Russia

<sup>3</sup>St. Petersburg State University, St. Petersburg, Russia

<sup>1</sup>metkindm@yandex.ru, ORCID 0000-0001-7905-1502

<sup>2</sup>jukov@yandex.com

<sup>3</sup>temnikov.alexander@mail.ru

**Abstract.** The article presents the results of a scientific study that investigates the methodological approach to assessing the efficiency of geological exploration for hard-to-recover (HTR) hydrocarbon reserves. The traditional system of indicators for evaluating the geological and economic efficiency of exploration does not fully utilize the geological and geophysical

**УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ СЕКТОРОВ РОССИЙСКОГО СЕВЕРА И АРКТИКИ**

data accumulated and processed as a result of studying HTR reserves. Consequently, the costs incurred by the operator rarely bring the expected positive effect. Using a system of additional indicators for evaluating exploration efficiency will increase the value of geological data, which in turn will positively impact the efficiency of the development and exploitation of HTR reserves. The scientific novelty of the study lies in the proposed system of additional indicators for evaluating the geological and economic efficiency of exploration. This system factors in the specific features of HTR reserves located within the northern territories of Russia. It is recommended for use when assessing the geological and economic efficiency of greenfield exploration projects, as it will allow for the adjustment of the estimated reserve volumes at various project stages. Since the proportion of proven oil reserves belonging to the HTR category is high (about 65 %), exploration activities aimed at reserves maturation in the short- and medium-term will play an important role in the country's oil industry. The reduction in state funding for exploration is another factor that contributes to the search for new organizational forms and methods of exploration, especially at sites requiring more profound and detailed geological surveys, such as proven and forecast HTR reserves.

*Keywords:* geological data, geological exploration, hard-to-recover hydrocarbon reserves, geological and economic efficiency, exploration efficiency assessment methods, oil and gas projects, northern territories

**For citation:** Metkin D. M., Zhukov O. V., Temnikov A. A. Improving Methods For Evaluating Oil And Gas Exploration Efficiency In Northern Territories. Sever i rynek: formirovanie ekonomicheskogo poryadka [The North and the Market: Forming the Economic Order], 2023, no. 1, pp. 120–132. doi:10.37614/2220-802X.1.2023.79.008

**Введение**

Открытия нефтяных и газовых месторождений в последнее время осуществляются в новых, труднодоступных и малоразвитых регионах, к которым, в частности, относятся северные территории России. Вместе с этим все большую долю среди опосредованных и разведанных объектов занимают запасы, относящиеся к категории трудноизвлекаемых и требующие нового специализированного подхода к изучению. При этом в геологоразведочном процессе применяются методы оценки геолого-экономической эффективности, остающиеся неизменными десятилетиями. Основным продуктом ГРП являются геологические данные, характеризующиеся понесенными на их получение затратами и результатами. От полноты и точности такой информации зависит успешность проведения стадий ГРП, связанных с бурением поисково-оценочных и разведочных скважин, а также последующим экономически эффективным промышленным освоением выявленных объектов углеводородного сырья. Корректность и полнота геологических данных позволяет проводить процесс ГРП последовательно: от наиболее инвестиционно-привлекательных залежей к менее привлекательным [1], при этом обеспечивая получение максимально высокого накопленного эффекта. Учитывая особенности проведения ГРП на северных территориях страны и специфику определения геолого-экономической эффективности ГРП на ТРИЗ современные реалии требуют совершенствования сложившихся методических подходов к решению этих задач, что обосновывает актуальность выбранной темы исследования.

Целью работы является совершенствование методов оценки эффективности геологических данных нефтегазовых проектов ТРИЗ, реализуемых в пределах северных территорий страны.

Для ее достижения требуется решение следующих основных задач:

- 1) выполнить анализ существующих методических подходов к оценке эффективности геолого-геофизических данных по изучаемым углеводородным объектам;
- 2) составить критический обзор общепринятой системы показателей эффективности геолого-геофизических данных по изучаемым углеводородным объектам;
- 3) разработать систему дополнительных показателей эффективности геолого-геофизических данных с учетом особенностей изучения объектов ТРИЗ, расположенных в пределах северных территорий России;
- 4) обосновать целесообразность применения предложенного методического подхода на примере геологического изучения объектов ТРИЗ, расположенных в пределах северных территорий страны.

**Аналитический обзор существующих методических подходов к оценке эффективности геологоразведочных работ (геологических данных) по реализуемым нефтегазовым проектам**

Развитием методического инструментария для проведения оценки эффективности ГРП (геологических данных) на углеводородное сырье по реализуемым нефтегазовым проектам в нашей стране занимаются ученые и специалисты в области геологии и оценки экономической эффективности ГРП. На сегодняшний день в практике большинства добывающих компаний нефтегазовой отрасли используется установленный перечень критериев, с помощью которых описываются геологические и экономические эффекты.

Один из разделов настоящего научного исследования посвящен критическому анализу методических подходов к оценке эффективности ГРП на нефть и газ. В соответствии с существующими трактовками понятия «эффективность», содержащимися

## УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ СЕКТОРОВ РОССИЙСКОГО СЕВЕРА И АРКТИКИ

в источниках научно-экономической литературы, под которыми термин понимается и как отношение результата к затратам [2], и как комплексный показатель стремления к конечному результату [3], и как характеристика качества некоторой системы с точки зрения соотношения затрат и результатов функционирования [4], предложена формулировка «эффективности ГРП».

Согласно работе [5] понятие эффективность ГРП определяется как их результативность и одновременно стоимость разведки единицы запасов минерального сырья. В этой связи эффективность ГРП целесообразно рассматривать в двух направлениях: натуральный прирост запасов, заключающийся в значении показателей прироста углеводородов (УВ) после проведения поисково-разведочных работ, и эффективность затрат, направленных на подготовку запасов. В соответствии с этим, показатели эффективности ГРП разделяются на натуральные и стоимостные. Вторая группа включает набор показателей, связанных с подготовкой запасов [6].

Вместе с этим при проведении оценки эффективности ГРП применяется два основных подхода, принципиально отличающихся друг от друга: оценка постфактум и оценка greenfield (предстоящих) ГРП. В первом случае расчеты выполняются по результатам осуществления процесса разработки, во втором — на стадии, предшествующей проведению ГРП.

Оценка эффективности ГРП постфактум позволяет определить качество уже проведенных работ в соответствии с установленной системой критериев. Здесь же учитываются и фактически наступившие рискованные события, а также степень понесенного в результате их наступления негативного экономического влияния. Полученные по итогам расчетов результаты фактических объемов затрат и экономического ущерба, связанного с рискованными событиями, позволяют уточнить систему мероприятий, направленных на оптимизацию вложений и управление неопределенностью при реализации последующих нефтегазовых проектов.

При проведении оценки в условиях greenfield производится расчет ожидаемых показателей эффективности ГРП с учетом ожидаемых рисков, связанных с предстоящими работами для выработки управленческого решения. Оценка может быть проведена одновременно для нескольких случаев: при выборе наиболее эффективного направления дальнейших ГРП, при обосновании целесообразности дальнейших работ на исследуемом объекте изучения.

На рисунке 1 представлен алгоритм проведения оценки эффективности ГРП «постфактум» и «greenfield», отражающий отличия процессов сбора и

обработки исходных геологических данных, технико-экономических расчетов и ожидаемых результатов.

На начальном этапе проведения оценки эффективности формируется исходная база геологических данных. В случае оценки «постфактум» в состав источников информации входят отчеты о фактически проведенных работах по изучению и промышленному освоению подготовленных объектов УВ, включающие всю необходимую геологическую, экономическую и финансовую информацию о реализованном нефтегазовом проекте. При проведении оценки «greenfield» исходными данными является информация о ранее проведенных этапах ГРП (камеральных, полевых) вместе с имеющейся ретроспективной информацией об объектах-аналогах [7] с применением различных методов ее обработки. При реализации процесса работы с информацией в первом случае формируется полноценный объем данных, использующихся в дальнейших технико-экономических расчетах, во втором используется отчасти как фактическая, так и прогнозная информация, что предопределяет необходимость применения методов оценки рисков.

На следующем этапе расчетов определяются базовые показатели геологической и экономической эффективности ГРП, причем в случае оценки «greenfield» используются методы имитационного моделирования для учета геологических рисков [8–10]. К показателям эффективности относятся: прирост запасов на одну скважину; прирост запасов на 1 м бурения; удельная стоимость запасов; удельная стоимость бурения; чистый дисконтированный доход от реализации нефтегазового проекта, его внутренняя норма доходности, период окупаемости, индекс доходности затрат и удельный чистый дисконтированный доход.

Этап технико-экономических расчетов предполагает проведение оценки рисков, причем в случае «Постфактум» проводится учет понесенных в результате работ убытков, возникших в результате наступления неопределенности, в случае «greenfield» производится оценка ожидаемых рискованных событий [11–13] и устанавливается степень их возможного негативного влияния на экономику проекта в целом.

Результаты проведения расчетов «постфактум» определяют фактическую эффективность проведенных ГРП и позволяют недропользователю разработать и усовершенствовать мероприятия по управлению рисками будущих ГРП, в свою очередь, оценка «greenfield» направлена на формирование рекомендаций, обосновывающих предстоящие управленческие решения о продолжении или выборе направлений ГРП.

## УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ СЕКТОРОВ РОССИЙСКОГО СЕВЕРА И АРКТИКИ



Рис. 1. Алгоритм проведения оценки эффективности геологических данных в случаях «постфактум» и “greenfield”

Представленные системы методов оценки эффективности геологических данных являются универсальными и используются на всех объектах поисков и разведки, однако они не позволяют учесть специфику определенных категорий запасов, к которым, в частности, относятся объекты ТриЗ, расположенные в пределах северных территорий, в

связи с чем требуют определенной адаптации и уточнений.

Специфика проведения ГРП в пределах северных территорий России вытекает из ряда особенностей Арктической зоны РФ (АЗРФ) [14]: суровые климатические условия, неразвитая или отсутствующая инфраструктура, геокриологические

## УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ СЕКТОРОВ РОССИЙСКОГО СЕВЕРА И АРКТИКИ

процессы, начисление северных коэффициентов при оплате труда — все это повышает операционные затраты проведения ГРП, а также требует дополнительных капитальных вложений. Кроме того, хрупкое экологическое равновесие АЗРФ сковывает действия нефтегазовых компаний не только в добыче, но и в ГРП [15].

При этом существенная часть запасов нефти северных территорий России, как уже отмечалось ранее, относится к категории ТРИЗ. Геологическое изучение таких объектов и их последующее вовлечение в промышленный оборот имеет ряд особенностей, к которым, в частности, относятся: более сложное геологическое строение объектов ТРИЗ [16–20] (низкая проницаемость, нанопористость, непредсказуемость контуров залежи, высокая неоднородность мощностей, постоянное переслаивание вмещающих пород, высокие пластовые давления, в случае объектов палеозоя — большие глубины). Вместе с этим, учитывая молодость отраслевого развития российских нефтегазовых компаний в области геологического изучения и промышленного освоения объектов ТРИЗ [16, 19] к особенностям вовлечения таких объектов в оборот следует отнести отсутствие: статистического множества разрабатываемых месторождений-аналогов; функционирующих объектов инфраструктуры; адаптированных для ТРИЗ подходов и методов, учитывающих специфику проведения ГРП на них. Повышенная геологическая неоднородность обязывает недропользователей применять более чувствительные методы геофизического изучения скважин, проводить детальные сейсмические работы, использовать при исследованиях керна повышенную точность: изучать микроскопичность и наноскопичность порового пространства. Все перечисленное способствует существенному повышению стоимости проведения ГРП, что, в свою очередь, определяет необходимость более детальной оценки получаемых геологических данных с целью их последующего эффективного применения на практике.

При изучении научных работ отечественных и зарубежных авторов, посвященных оценке эффективности геологических данных выявлены следующие недочеты, требующие методического уточнения при их применении к объектам ТРИЗ, расположенным в пределах северных территорий. Так, в работе [21] автором обозначена проблема применения устаревших методик геолого-экономической оценки ГРП для объектов ТРИЗ, ввиду специфики их изучения и промышленного освоения, однако предложения по ее совершенствованию не приводятся, что не позволяет отразить указанную выше особенность, заключающуюся в труднодоступности таких объектов.

В работе [22] отмечается острая необходимость использования современных методов и технологий поисков и оценки месторождений УВС в условиях сложившейся сырьевой базы, включающей объекты ТРИЗ, а также особенностях ее изучения в связи с чем следует и изменить подход к оценке получаемых геологических данных. Автором предложена классификация факторов, оказывающих влияние на экономическую эффективность ГРП и обосновано применение стохастических подходов при расчете показателей, характеризующих геологические данные, при этом специфика оценки геологических данных ТРИЗ, в том числе получаемых при лабораторных, детальных исследованиях керна, не отражена, что не позволяет в конечном итоге обеспечить объективные сведения о результатах проведенных ГРП.

В статье [23] авторы отмечают отсутствие гибкости использования существующего методического инструментария для проведения оценки эффективности геологоразведочных работ, в том числе не позволяющего полноценно учесть геологические риски, оказывающие наибольшее влияние на результативность проведения ГРП. Авторами предложена экономико-математическая модель, позволяющая определить размер предельных затрат на них для оцениваемого объекта с учетом возможных геологических рисков, однако специфика проведения геологического изучения различных категорий объектов, в том числе ТРИЗ, требует детального подхода к оценке затрат и принятии решений о необходимости проведения дополнительных детальных исследований, которые позволят увеличить точность полученных данных и, в результате, повысить успешность возможного открытия. Для объектов категории ТРИЗ применение предложенного подхода возможно с определенными оговорками, учитывающими низкую степень инвестиционной привлекательности таких объектов ввиду технологической отсталости отечественной нефтедобычи и, как следствие, отсутствия опыта работ по разработке таких месторождений. При проведении ГРП на ТРИЗ в ближнесрочной и краткосрочной перспективах процесс накопления детальных геологических данных является первостепенным, поскольку в дальнейшем собранная информация позволит оптимизировать затраты на проведение поисково-оценочных и разведочных работ на новых объектах ТРИЗ, являющихся близкими по своему строению к изучаемым в настоящее время.

В работе [24] коллектив авторов обосновывает необходимость оценки специальных показателей эффективности ГРП, необходимых для принятия управленческих решений на всех стадиях

**УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ СЕКТОРОВ РОССИЙСКОГО СЕВЕРА И АРКТИКИ**

осуществления работ. Авторы приходят к выводу о том, что успешность проведения ГРП зависит от множества рассматриваемых и оцененных альтернатив, в том числе связанных с определением места заложения поисково-оценочных скважин. Выбор среди рассматриваемых альтернатив основывается на результатах оценки показателя ожидаемой денежной стоимости проекта EMV, значение которого определяется исходя из качества и полноты полученных геолого-геофизических данных об объекте исследования, которые, в свою очередь, зависят от детальности проведенных полевых и лабораторных работ. Данное утверждение подтверждает целесообразность разработки и оценки дополнительных критериев эффективности ГРП, связанных с категорией объектов исследования.

В статье [25] отмечается переход российской нефтедобычи на более сложные объекты разработки, к которым также относятся и месторождения ТРИЗ, что требует совершенствования подходов к оценке экономической эффективности реализации таких проектов, в том числе и на стадиях проведения ГРП. Авторами отмечается необходимость применения для достижения этой цели более представительного набора геолого-геофизических данных, наличие которых позволит снизить инвестиционные риски. В этой связи разработка специальных показателей оценки эффективности геологических данных для объектов ТРИЗ является весьма актуальной и современной задачей.

**Результаты и дискуссия**

Информационная база для проведения оценки эффективности геологических данных о реализации нефтегазовых проектов ТРИЗ, расположенных в пределах северных территорий страны, имеет определенные отличия от проектов изучения традиционных месторождений. Это связано с молодостью индустрии разработки ТРИЗ в России. Возраст аналогичных проектов, реализуемых в США, являющихся первопроходцами в промышленном освоении таких проектов, немногим превышает 20 лет, тогда как в отечественной нефтяной промышленности ввод в разработку подобных месторождений состоялся лишь в последние годы. При этом ачимовские отложения, представляющие основную долю ТРИЗ северных территорий, изучаются и осваиваются еще с 80-ых гг. прошлого века, однако, как и тогда, масштабы таких проектов остаются совсем небольшими. Доля ТРИЗ в общероссийской добыче нефти на сегодня составляет порядка 7,2 %, доля трудноизвлекаемой нефти от всех запасов страны оценивается в 65 % [16]. При этом имеющийся у отечественных компаний опыт по работе с ТРИЗ не может обеспечить надежность исторических геологических данных. В этой связи,

информационная база исходных данных для проведения оценки эффективности ГРП на ТРИЗ должна обеспечивать решение следующих задач: набор достаточного количества надежных аналогов [26] для прогнозирования результатов ГРП, затрат на разработку, дебитов скважин и т. д., в том числе по зарубежным проектам; описание дополнительных стимулирующих инструментов, в том числе налогового режима, с целью обоснования наиболее эффективных управленческих решений по каждому отдельному промышленному проекту ТРИЗ.

Вместе с этим при проведении технико-экономических расчетов целесообразно учитывать ряд дополнительных показателей эффективности ГРП на ТРИЗ. В таблице 1 приведена система специальных показателей геолого-экономической эффективности ГРП для проектов ТРИЗ, реализуемых в пределах северных территорий страны, в разрезе отдельно проводимых видов геолого-геофизических исследований.

**Сейсморазведочные работы**

Для изучения пластов сложного строения таких, как, например, клиноформы ачимовской толщи, используются детальные сейсмические методы [17], являющиеся более затратными по сравнению с МОГТ-2D, применение которых экономически оправдано только на высокоперспективных на УВС территориях. По этой причине при проведении геологических исследований объектов ТРИЗ повышается актуальность оценки эффективности сейсморазведочных работ с целью обоснования управленческих решений, связанных с определением достаточных объемов площадной съемки, являющейся более информативной по сравнению с МОГТ-2D. Одним из важнейших показателей, на основе которого принимается управленческое решение о таких работах, является  $VOI_{сейсм}$  [27], определяемый как разница между значениями EMV после проведения сейсморазведочных работ на УВС и до их начала. При условии получения положительного значения величины  $VOI_{сейсм}$  проведенные сейсморазведочные работы повлекут за собой прирост EMV, превышающий их стоимость.

Для оценки положительного экономического эффекта целесообразно дополнительно рассчитывать удельный показатель  $SVOI_{сейсм}$ , значение которого позволяет косвенно определить экологический ущерб от сейсморазведочных работ, проведение которых связано с вырубкой леса. При этом в расчете затрат на ГРП необходимо учитывать стоимость работ, связанных с рекультивацией. Таким образом, при проведении сейсморазведочных работ, имеющих одинаковые значения  $SVOI_{сейсм}$ , более эффективными считаются те, которые, обладают наивысшим значением величины этого показателя.

## УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ СЕКТОРОВ РОССИЙСКОГО СЕВЕРА И АРКТИКИ

Таблица 1

Специальные показатели оценки эффективности геологических данных объектов ТриЗ

№ п/п	Наименование показателя, единицы измерения	Формула расчета	Расшифровка переменных
<b>Сейсморазведочные работы</b>			
1	VOI сейсморазведочных работ 3D, руб.	$VOI_{\text{сейсм.}} = EMV_{wi} - EMV_{woi}$	$EMV_{woi, wi}$ — ожидаемая денежная стоимость до/после получения геологической информации;
2	Удельный SVOI <sub>сейсм</sub> сейсморазведочных работ 3D, руб/км <sup>2</sup>	$SVOI_{\text{сейсм}} = VOI_{\text{сейсм.}} / S_{\text{сейсм.}}$	$S_{\text{сейсм.}}$ — площадь участка работ
<b>Геофизические исследования скважин (ГИС)</b>			
3	VOI <sub>ГИС</sub> , руб.	$VOI_{\text{ГИС}} = EMV_{wi} - EMV_{woi}$	$C_{\text{ГИС}}$ — затраты на определенный метод ГИС;
4	Удельный SVOI <sub>ГИС</sub> на метр проходки, руб/м	$SVOI_{\text{ГИС}} = VOI_{\text{ГИС}} / I_{\text{ГИС}}$	$I_{\text{ГИС}}$ — общая протяженность интервалов ГИС;
5	Удельный SVOI <sub>ГИС</sub> на скважину, руб/скв.	$SVOI_{\text{ГИС}} = VOI_{\text{ГИС}} / Q_{\text{скв.}}$	$Q_{\text{скв.}}$ — количество скважин с ГИС
<b>Исследования кернового материала</b>			
6	VOI <sub>керна</sub> , руб.	$VOI_{\text{керна}} = EMV_{wi} - EMV_{woi}$	$C_{\text{керна}}$ — затраты на определенное исследование керна;
7	Удельный SVOI <sub>керна</sub> кернового материала на метр проходки, руб/м	$SVOI_{\text{керна}} = VOI_{\text{керна}} / I_{\text{керна}}$	$I_{\text{керна}}$ — общая протяженность интервалов отбора керна;
8	Удельный SVOI <sub>керна</sub> кернового материала на скважину, руб/скв.	$SVOI_{\text{керна}} = VOI_{\text{керна}} / Q_{\text{скв.}}$	$Q_{\text{скв.}}$ — количество скважин с отбором керна
<b>Научная эффективность ГРП</b>			
9	Научная эффективность ГРП, $S_e$ (публикация / год)	$S_e = Q_{\text{статей}} / T$	$Q_{\text{статей}}$ — количество научных публикаций ВАК, Scopus, WoS по исследуемой проблематике; $T$ — период времени с начала проведения 1-го исследования по проблематике, лет
<b>Экономическая эффективность ГРП</b>			
10	Соотношение внутренней нормы доходности оцениваемого проекта ГРП на ТриЗ и средней доходности проектов ГРП на традиционных месторождениях, $\Delta IRR$	$\Delta IRR = (IRR_{\text{ТриЗ}} / IRR_{\text{традиц.}}) / I_{\text{нефть}}$	$IRR_{\text{ТриЗ}}$ — ВНД для ТриЗ; $IRR_{\text{традиц.}}$ — ВНД для традиционных месторождений

**Геофизические исследования скважин**

При использовании методов ГИС на ТриЗ необходимо увеличение их разрешающей способности ввиду сложного геологического строения [18], что увеличивает стоимость работ и отражается на общей оценке эффективности ГРП.

Показатель SVOI<sub>ГИС</sub> позволяет оценить эффективность информации в расчете как на одну скважину, так и на интервал проведения исследований в ней и тем самым определяет наиболее информативные скважины и интервалы среди изученных.

Определение величин показателей эффективности ГИС наиболее целесообразно при оценке эффективности ГРП «постфактум».

Эти показатели также могут быть полезны в процессе принятия решения о последовательности проведения ГРП. При определении итогового набора методов ГИС более предпочтительным будет являться тот, у которого выше значение VOI.

**Исследования кернового материала**

При изучении объектов ТриЗ объемы затрат на исследования кернового материала увеличиваются, поскольку появляется необходимость в детальном изучении порового пространства, что, в свою очередь, требует дополнительных исследований таких, как

электронная микроскопия, микро- и нанотомография. Вместе с этим следует оценить механические свойства и микротрещиноватость пород, что позволит наиболее эффективно спроектировать мероприятия по гидроразрыву пласта, которые используются при промышленном освоении сланцевых толщ. Перечисленные дополнительные виды исследований отражаются на стоимости проведения ГРП и влияют на их эффективность, что является предпосылкой для проведения дополнительных уточняющих технико-экономических расчетов по определению величин показателей VOI<sub>керна</sub> и SVOI<sub>керна</sub>.

**Научная эффективность ГРП**

Научное направление в области изучения нефтяной геологии, связанное с объектами ТриЗ, является достаточно молодым, по сравнению с традиционными запасами и ресурсами УВ, и, как следствие, требует развития фундаментальных основ [19]. Нередко при проведении ГРП компании нефтяного бизнеса применяют в производственной деятельности методы, которые имеют теоретическое описание ожидаемых прикладных результатов. Их использование на практике обременяется дополнительными рисками, связанными с отсутствием полноценных ретроспективных статистических данных. Полученные результаты могут не

**УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ СЕКТОРОВ РОССИЙСКОГО СЕВЕРА И АРКТИКИ**

принести информации о нефтегазоносности и не сформируют дополнительного экономического эффекта для текущего проекта ГРП [20, 28], однако существует накопленный эффект за счет таких исследований, который с определенной долей вероятности будет способствовать новым фундаментальным открытиям в области геологического строения объектов ТриЗ, что повысит рентабельность последующих геологоразведочных работ. Поэтому эффектом для хозяйственной деятельности является накопление практических результатов, полученных на основе применения теоретически изложенных методов при условии опубликования в научных изданиях результатов проведенных работ. В связи с отсутствием монетарного результата от проведения подобных исследований, предлагается оценивать научную эффективность ГРП, определяемую числом опубликованных тематических научных статей в отечественных и зарубежных рецензируемых изданиях.

На основе полученного значения данного показателя может быть принято управленческое решение о целесообразности проведения новых теоретико-методологических исследований за счет средств федеральных либо региональных бюджетов органов управления фондом недр, либо за счет средств недропользователей, осуществляющих процесс научного развития ГРП в на новых объектах, содержащих УВС и расположенных в малоизученных регионах страны, к которым относятся и северные территории. Вместе с этим количественный расчет показателя научной эффективности может позволить установить существующие пробелы в научных исследованиях, посвященных проблемам геологического изучения недр [29]. Показатель научной эффективности ГРП определяется отношением количества опубликованных по изучаемому направлению результатов научных исследований, в том числе индексируемых в отечественных и зарубежных наукометрических базах данных, к периоду, который определяется временным отрезком с первого упоминания исследуемого направления и до момента его последнего упоминания в открытых источниках научной информации.

**Экономическая эффективность ГРП**

Показатель, отражающий соотношение внутренней нормы доходности оцениваемого проекта ГРП на ТриЗ и средней доходности проектов ГРП на традиционных месторождениях, предлагается для сопоставления значений ВНД оцениваемого проекта ТриЗ со средней ВНД проектов на традиционных месторождениях. Его предельное значение в динамике свидетельствует о внедрении наиболее эффективных организационно-технических решений в процесс ГРП на ТриЗ как в границе компании НГК, так и в целом по региону или стране.

Обоснование целесообразности применения дополнительных показателей эффективности ГРП на УВС настоящего научного исследования выполнено на примере проведения геологических исследований объекта ТриЗ, расположенного в пределах территории севера Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции (НГП). Исходные геологические данные для проведения расчетов взяты из Государственного баланса запасов нефти по одному из месторождений ТриЗ распределенного фонда недр, технико-экономические расчеты основаны на нормативах затрат на ГРП, характерных для данного района работ. Кривая предполагаемого отбора запасов смоделирована в программном комплексе «EVA — экономическая оценка проектов освоения нефтегазовых месторождений». Согласно полученным результатам расчетов суммарный прирост запасов нефти объекта ТриЗ оценивается в 1,2 млн т, продолжительность поисково-оценочного и разведочного этапов составляет 4 года. Проектным решением предусматривается строительство 3 поисково-оценочных и 2 разведочных скважин, которые в дальнейшем перейдут в фонд эксплуатационных. Добываемую нефть предполагается сбывать на внутреннем рынке страны по цене 21 875 руб/т, норма дисконта согласно рекомендациям, изложенным в работе [30] принята на уровне 10 %. Величина предполагаемых капитальных затрат на разработку объекта ТриЗ и транспорт нефти до потребителя согласно проведенным в исследовании технико-экономическим расчетам составляет 2,75 млрд руб. (в том числе строительство 15 эксплуатационных скважин). Продолжительность добычи оценивается в 15 лет. На исследуемом объекте ТриЗ планируется провести объем ГРП, представленный в табл. 2.

Рассчитаем некоторые из предложенных показателей для данного примера. В таблице 3 представлены результаты выполненных расчетов. При проведении геолого-геофизических исследований ожидаемое EMV проекта поступательно увеличивается за счет открытия новых запасов и повышения вероятности успеха. Значение величины VOI после проведения соответствующего метода представляет собой изменение EMV. Проанализировав динамику изменения значения VOI, определяется эффект от применения каждого метода в текущий проект. Для определения внутренней эффективности каждого метода, нивелируя масштаб его использования, рассчитывается также удельный показатель VOI, согласно которому становится возможным сопоставить эффективность применения методов получения геологических данных между собой, что является особенно важным при формировании набора оптимальных инструментов при проведении ГРП на ТриЗ.



## УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ СЕКТОРОВ РОССИЙСКОГО СЕВЕРА И АРКТИКИ

Таблица 2

Объем планируемых ГРП на исследуемом объекте ТриЗ

Вид планируемых ГРП	Объем ГРП	Общая стоимость ГРП, млн руб.	Удельные затраты на ГРП
Сейсмика 3D	100 км <sup>2</sup>	200	2 млн руб.
Строительство поисково-оценочных скважин (3 скв.)	9000 м	2700	300 тыс. руб/м
Строительство разведочных скважин (2 скв.)	6000 м	2100	350 тыс. руб/м
ГИС	150 м	30,0	200 тыс. руб/м
Петрофизические и литологические исследования керна	50 м	35,0	700 тыс. руб/м
Седиментологические и геохимические исследования керна	30 м	6,0	200 тыс. руб/м

Таблица 3

Результаты оценки специальных показателей эффективности ГРП, проведенных на объекте ТриЗ

Работы	Ожидаемый NPV, млн руб.	Вероятность (P) подтверждения NPV, д. ед.	Оценка EMV, млн руб.	Оценка VOI, млн руб.	Удельный VOI (SVOI)
3D-сейсмика	100,0	0,5	50,0	50,0	500 тыс. руб/км <sup>2</sup>
Поисково-оценочное бурение	350,0	0,6	210,0	160,0	17,78 тыс. руб/м
Разведочное бурение	450,0	0,7	315,0	105,0	17,5 тыс. руб/м
ГИС	500,0	0,8	400,0	85,0	566,67 тыс. руб/м
Литология и петрофизика керна	550,0	0,9	495,0	95,0	1900 тыс. руб/м
Седиментология и геохимия по керну	550,0	0,9	495,0	VOI = 0	SVOI = 0
Окончание проекта разработки	520,5	1,0	520,5	Не определяется	Не определяется

В таблице 4 представлены результирующие общепринятые и специальные показатели геолого-экономической оценки «greenfield» исследуемого объекта ТриЗ. Следует отметить, что расчет специальных показателей позволяет на практике определить удельную эффективность определенного метода, учитывая дисконтирование и вероятность успеха. Удельные затраты не учитывают доходную часть, а суммарное VOI — объем проведенных работ (что приводит к завышенной оценке наиболее масштабных

по объему геолого-геофизических исследований). Предлагаемый удельный VOI (SVOI) в комплексе учитывает затраты, результаты и позволяет оптимизировать объемы предстоящих работ. Таким образом, с помощью предлагаемого показателя SVOI появляется возможность комплексно оценить внутреннюю эффективность каждого отдельного метода.

Таблица 4

Результаты оценки “greenfield” геолого-экономической эффективности ГРП на объекте ТриЗ по предложенной методике

Вид геолого-геофизических исследований	Объем ГРП, пог. м	Удельные затраты на ГРП, тыс. руб/м	Оценка VOI, млн руб.	Предлагаемый показатель SVOI, тыс. руб/м
Поисково-оценочное бурение	9000	300	160,0	17,78
Разведочное бурение	6000	320	125,0	20,83
ГИС	150	350	95,0	633,33
Литология и петрофизика керна	50	700	85,0	1700

В соответствии с полученными результатами следует заключить, что каждый последующий применяемый метод геологических исследований является более эффективным по сопоставлению с предыдущим. Рост удельных затрат и снижение величины VOI сочетается с сокращением натуральных объемов каждого последующего вида работ, что свидетельствует о повышении эффективности (показатель SVOI) за счет концентрации работ на наиболее продуктивных изучаемых интервалах.

### Заключение

1. Выполнен анализ существующих методических подходов к оценке эффективности геолого-геофизических данных по изучаемым углеводородным объектам, определены основные показатели геолого-экономической эффективности ГРП, используемые при проектировании, обусловлена необходимость разработки дополнительных показателей оценки эффективности геологических данных, учитывающих

## УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ СЕКТОРОВ РОССИЙСКОГО СЕВЕРА И АРКТИКИ

специфику различных категорий изучаемых объектов УВ.

2. По результатам проведенного критического обзора общепринятой системы показателей геолого-геофизических данных по изучаемым углеводородным объектам и с учетом анализа предлагаемых методических подходов учеными-геологами и экономистами к оценке эффективности проектов поисков, разведки и добычи нефти и газа определены направления камеральных, полевых и лабораторных исследований, требующие более детального учета их результативности в процессе выполнения полного комплекса ГРП на объектах ТРИЗ.

3. Предложена система специальных показателей оценки эффективности геологических данных объектов ТРИЗ, раскрыта их научно-практическая и методическая сущность.

4. Обоснована целесообразность применения предложенного методического подхода при геологическом изучении объекта ТРИЗ, расположенного в пределах северных территорий страны. Установлено, что с каждым последующим применением геологического метода изучения объекта исследования повышается точность геологических данных, снижается основной геологический риск, обосновываются наиболее перспективные объекты для дальнейшего проведения ГРП.

## Список источников

1. Повышение ценности проекта геологоразведочных работ на основе ранней проработки интегрированной концепции развития / В. А. Орлов [и др.] // ПРОНЕФТЬ. Профессионально о нефти. 2018. Сентябрь. № 3. С. 46–50. <https://doi.org/10.24887/2587-7399-2018-3-46-50>
2. McConnell C. Economics: Principles, Problems, & Policies / C. McConnell, S. Brue, S. Flynn. 22nd Ed. McGraw-Hill, 2021. ISBN 9781260226775
3. Лопатников Л. И. Экономико-математический словарь: словарь современной экономической науки. 5-е изд., перераб. и доп. М.: Дело, 2003. 519 с.
4. Асаул А. Н. Организация предпринимательской деятельности: учебник / А. Н. Асаул, М. П. Войнаренко, В. Ю. Ерофеев // СПб: Гуманитика. 2004. 448 с.
5. Паффенгольц К. Н. Геологический словарь. М: Недра, 1978. 487 с.
6. Ильинский А. А., Экономика и организация производства в нефтегазовой отрасли: учеб. пособие / А. А. Ильинский, Д. М. Меткин. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та. 2017. 61 с.
7. Баяндина В. А. К вопросу об оценке эффективности стратегических инвестиционных проектов на нефтегазодобывающих предприятиях / В. А. Баяндина, Д. М. Воронин // Вестник Пермского университета. Серия: Экономика. 2015. № 1. С. 111–123.
8. Ефимов А. В. Пример экономической оценки проектов на стадии геологоразведочных работ с учетом рисков и неопределенностей / А. В. Ефимов, А. М. Ташлицкая // Нефтяное хозяйство. 2013. № 11. С. 94–96.
9. Ибрагимова А. Х. К вопросу экономической оценки эффективности геологоразведочных работ / А. Х. Ибрагимова // Аудит и финансовый анализ. 2016. № 4. С. 371–373.
10. Федоров Н. В. Метод имитационного моделирования инвестиционных проектов на основе динамических продуцирующих сетей / Н. В. Федоров, О. Н. Игнатов // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2010. № 7. С. 128–136.
11. Rose P. Risk Analysis and Management of Petroleum Exploration Ventures // Tulsa, Okla.: American Association of Petroleum Geologists. 2001. 164 p.
12. Евсеенко В. В. Повышение экономической эффективности геологоразведочных работ на основе концепции управления стоимостью компании: дис. на соискание ученой степени канд. эк. наук. СПб.: ФГБОУ «Санкт-Петербургский горный университет». 2018. 176 с.
13. Матрохина К.В. Развитие методологии сценарного анализа инвестиционных проектов предприятий минерально-сырьевого комплекса / К. В. Матрохина, В. Я. Трофимец, Е. Б. Мазиков, А. Б. Маховиков, М. М. Хайкин // Записки Горного института. 2023. Т.259. С.112-124.
14. Артюхов Д. А. Состояние и перспективы использования минерально-сырьевой базы Ямало-Ненецкого автономного округа на 15.03.2021. URL: <https://www.rosnedra.gov.ru/data/Fast/Files/202104/ad829a8fefe9fc69a4502beecc2eb711.pdf>
15. Желонкина Е. Э. Влияние геологоразведочных работ на природные ресурсы в условиях Севера / Е. Э. Желонкина, Е. Г. Пафнурова, А. В. Новиков, И. В. Чуксин // International agricultural journal. 2022. № 4. С. 1598–1608. DOI 10.55186/25876740\_2022\_6\_4\_14
16. Ачимовские горизонты. Совместный проект ПАО Газпром нефть и коммуникационного агентства Neftegaz.RU. URL: <https://achimovka.neftegaz.ru/#:~:text=%D0%A0%D0%B5%D1%81%D1%8> (дата обращения: 14.07.2022).

## УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ СЕКТОРОВ РОССИЙСКОГО СЕВЕРА И АРКТИКИ

17. Wei Liu, Gulan Zhang, Junxing Cao, Jianjun Zhang, Gang Yu, Combined petrophysics and 3D seismic attributes to predict shale reservoirs favourable areas, *Journal of Geophysics and Engineering*, Volume 16, Issue 5, October 2019, Pp. 974–991, <https://doi.org/10.1093/jge/gxz060>
18. Szabó N. P. Shale volume estimation based on the factor analysis of well-logging data, *Acta Geophys*, 47(5), 2020, Pp. 990–1000, <https://doi.org/10.2478/s11600-011-0034-0>
19. Арутюнов Т. В. Исследование сланцевых пород и природы сланцевой нефтеносности Баженовской свиты и формации Баккен // НАУКА. ТЕХНИКА. ТЕХНОЛОГИИ (политехнический вестник). 2015. № 1. С. 28–46.
20. ZHANG, Leifu & LI, Yilong. Architecture of deepwater turbidite lobes: A case study of Carboniferous turbidite outcrop in the Clare Basin, Ireland, *Petroleum Exploration and Development*, Volume 47, Issue 5, October 2020, Pp. 990-1000, [https://doi.org/10.1016/S1876-3804\(20\)60111-2](https://doi.org/10.1016/S1876-3804(20)60111-2)
21. Кузнецова Е. В. Методика оценки эффективности геологоразведочных работ в системе управления минерально-сырьевым комплексом региона / Е. В. Кузнецова // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего. 2021. Т. 10, № 2(54). С. 35–39.
22. Сальманов С. М. Методы оценки факторов, влияющих на экономическую эффективность геологоразведочных работ // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2022. Т. 12, № 8А. С. 303–308. DOI: 10.34670/AR.2022.26.58.038
23. Кожина Т. В. Формирование и апробация методики анализа эффективности осуществления геологоразведочных работ / Т. В. Кожина, Э. В. Васильева // Modern economy success. 2022. № 2. С. 24–30.
24. Шутько С. Ю. Оценка ожидаемой денежной стоимости, EMV поисковых проектов UPSTREAM / С. Ю. Шутько, С. Д. Кожевникова, Д. С. Шутько // Проблемы экономики и управления нефтегазовым комплексом. 2017. № 1. С. 7–11.
25. Марин Е. А. Экономическая оценка проектов разработки месторождений углеводородного сырья в условиях северных районов добычи с применением бинарного и реверсированного дисконтирования / Е. А. Марин, Т. В. Пономаренко, Н. В. Василенко, С. Г. Галевский // Север и рынок: формирование экономического порядка. 2022. № 3. С. 144–157. doi:10.37614/2220-802X.3.2022.77.010
26. Назаров В. И. Методы количественной оценки факторов, влияющих на эффективность геологоразведочных работ / В. И. Назаров, Л. В. Медведева // Нефтегазовая геология. Теория и практика. 2016. Т. 11, № 2. С. 1–14. [https://doi.org/10.17353/2070-5379/16\\_2016](https://doi.org/10.17353/2070-5379/16_2016)
27. Warren J. E. The Development Decision: Value of Information, SPE-AIME, March.1983, doi: <https://doi.org/10.2118/11312-MS>
28. Niezabitowska D. K., Szaniawski R., Jackson M., Magnetic mineral assemblage as a potential indicator of depositional environment in gas-bearing Silurian shales from Northern Poland, *Geophysical Journal International*, Volume 218, Issue 2, August 2019, Pp. 1442–1455, <https://doi.org/10.1093/gji/ggz229>
29. Cherepovitsyn A. Critical analysis of methodological approaches to assessing sustainability of arctic oil and gas projects / A. Cherepovitsyn, P. Tsvetkov, O. Evseeva // *Journal of Mining Institute*. 2021. Vol.249, p. 463–478. DOI: 10.31897/PMI.2021.3.15
30. Зубковская Е. Д. Совершенствование методов экономической оценки эффективности поиска и разведки месторождений углеводородного сырья: автореферат дис. на соискание ученой степени канд. эк. наук. М.: РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина. 2006. 25 с.

## References

1. Orlov V. A., Oshmarin R. A., Bochkov A. S., Masalkin Yu. V., Yakovlev S. A., Ulyanov V. L., Danilin M. A., *Povyshenie tsennosti proekta geologorazvedochnykh работ na osnove rannei prarabotki integrirovannoi kontseptsii razvitiya* [Maximization of major oil&gas project value at identification/access stage by reframing of exploration strategy]. *PRONEFT'. Professional'no o nefiti* [PROneft. Professionally about Oil], September 2018, No 3, Pp 46–50, <https://doi.org/10.24887/2587-7399-2018-3-46-50>. (In Russ.).
2. McConnell C., Brue S., Flynn S. *Economics: Principles, Problems, & Policies*. Moscow, Infra-M, 1999, 974 p.
3. Lopatnikov L. I. *Ekonomiko-matematicheskii slovar': slovar' sovremennoi ekonomicheskoi nauki* [Dictionary of Economics and Mathematics: Dictionary of Modern Economic Science]. Moscow, Delo, 2003, 519 p. (In Russ.).
4. Asaul A. N., Voinarenko M. P., Erofeev V. Yu. *Organizatsiya predprinimatel'skoi deyatel'nosti: uchebnyk* [Business organization: textbook]. Saint Petersburg, Gumanistika, 2004, 448 p. (In Russ.).
5. Paffengol'ts K.N. *Geologicheskii slovar'* [Geological dictionary]. Moscow, Nedra, 1978, 487 p. (In Russ.).
6. Il'inskii A. A., Metkin D. M. *Ekonomika i organizatsiya proizvodstva v neftegazovoi otrasli: ucheb. posobie* [Production Economics and Management in the Oil and Gas Industry: A Textbook]. Saint Petersburg, Izdatelstvo Politekhnikeskogo universiteta, 2017, 61 p. (In Russ.).
7. Bayandina V. A., Voronin D. M. K voprosu ob otsenke effektivnosti strategicheskikh investitsionnykh proektov na neftegazodobyvayushchikh predpriyatiyakh [Evaluating the effectiveness of strategic investment projects of oil and

## УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ СЕКТОРОВ РОССИЙСКОГО СЕВЕРА И АРКТИКИ

- gas extraction companies]. *Vestnik Permskogo universiteta, Seriya: Ekonomika* [Bulletin of Perm University, Series: Economics], 2015, no. 1, pp. 111–123. (In Russ.).
8. Efimov A. V., Tashlitskaya A. M. Primer ekonomicheskoi otsenki proektov na stadii geologo-razvedochnykh rabot s uchedom riskov i neopredelennosti [An example of economic evaluation of projects at the stage of geological exploration factoring in risks and uncertainties]. *Neftyanoe hozyajstvo* [Oil industry], 2013, no. 11, pp. 94–96. (In Russ.).
  9. Ibragimova A. Kh. K voprosu ekonomicheskoi otsenki effektivnosti geologo-razvedochnykh rabot [The issue of economic evaluation of efficiency of prospecting works]. *Audit i finansovyi analiz* [Audit and Financial Analysis], 2016, no. 4, pp. 371–373. (In Russ.).
  10. Fedorov N. V., Ignatov O. N. Metod imitatsionnogo modelirovaniya investitsionnykh proektov na osnove dinamicheskikh produtsiruyushchikh setei [A simulation modeling method for investment projects based on dynamic production networks]. *Gornyi informatsionno-analiticheskii byulleten'* [Mining Information and Analytical Bulletin], 2010, no. 7, pp. 128–136. (In Russ.).
  11. Rouz P. R. *Analiz riskov i upravlenie neftegazopisikovymi proektami* [Risk analysis and management of oil and gas exploration projects]. Izhevsk: In-t komp'yuternykh issledovaniy, 2011, 304 p. (In Russ.).
  12. Evseenko V. V. Povysheniye ekonomicheskoi effektivnosti geologorazvedochnykh rabot na osnove kontsepcii upravleniya stoimost'yu kompanii: Dis. na soiskaniye uchenoi stepeni kand. ek. nauk. [Increasing the economic efficiency of geological exploration based on the concept of company value management: A PhD dissertation (Economics)]. SPb.: FGBOU «Sankt-Peterburgskii gornyi universitet» [St. Petersburg, St. Petersburg Mining University], 2018, 176 p. (In Russ.).
  13. Matrokhina K.V., Trofimets V. Y., Mazakov E. B., Makhovikov A. B., Khaykin M. M. Razvitiye metodologii tsenarnogo analiza investitsionnykh proektov predpriyatii mineral'no-syr'evogo kompleksa [Development of methodology for scenario analysis of investment projects of enterprises of the mineral resource complex] *Zapiski Gornogo instituta* [PMI]. Vol. 259. Pp.112-124, Feb. 2023.
  14. Artyukhov D. A. Sostoyaniye i perspektivy ispol'zovaniya mineral'no-syr'evoi bazy Yamalo-Nenetskogo avtonomnogo okruga na 15.03.2021 [Status and prospects for the use of the mineral resource base of the Yamalo-Nenets Autonomous Okrug as of March 15, 2021]. (In Russ.). Available at: <https://www.rosnedra.gov.ru/data/Fast/Files/202104/ad829a8fefe9fc69a4502beecc2eb711.pdf>
  15. Zhelonkina E.E., Pafnutova E.G., Fomina A.V., Novikov A.V., Chuksin I.V. Vliyaniye geologorazvedochnykh rabot na prirodnye resursy v usloviyakh Severa [The impact of geological exploration on natural resources in the conditions of the North]. *International Agricultural Journal*, 2022, no. 4, pp. 1598–1608. (In Russ.). DOI: 10.55186/25876740\_2022\_6\_4\_1413
  16. Achimovskie gorizonty. Sovmestnyi proekt PAO Gazprom neft' i kommunikatsionnogo agentstva Neftegaz.RU. Elektronnyi resurs. [The Achimov Formation. A joint project of Gazprom Neft PJSC and the Neftegaz.RU communication agency]. (In Russ.). Available at: <https://achimovka.neftegaz.ru/#:~:text=%D0%A0%D0%B5%D1%81%D1%8>
  17. Wei Liu, Gulan Zhang, Junxing Cao, Jianjun Zhang, Gang Yu, Combined petrophysics and 3D seismic attributes to predict shale reservoirs favourable areas, *Journal of Geophysics and Engineering*, Volume 16, Issue 5, October 2019, Pp. 974–991, <https://doi.org/10.1093/jge/gxz060>
  18. Szabó N. P. Shale volume estimation based on the factor analysis of well-logging data, *Acta Geophys*, 47(5), 2020, pp. 990–1000, <https://doi.org/10.2478/s11600-011-0034-0>
  19. Arutyunov T. V., Savenok O.V. Issledovaniye slantsevykh porod i prirody slantsevoi neftenosnosti Bazhenovskoi svity i formatsii Bakken [The study of the shale sorts and the natures shale oil bearing capacity of the Bazhenov suite and formation Bakken]. *NAUKA. TEKHNIKA. TEKHNOLOGII (politekhnicheskii vestnik)* [SCIENCE. ENGINEERING. TECHNOLOGY (polytechnical bulletin)], 2015, no. 1, pp. 28–46. (In Russ.).
  20. ZHANG, Leifu & LI, Yilong. Architecture of deepwater turbidite lobes: A case study of Carboniferous turbidite outcrop in the Clare Basin, Ireland, *Petroleum Exploration and Development*, Volume 47, Issue 5, October 2020, pp. 990–1000, [https://doi.org/10.1016/S1876-3804\(20\)60111-2](https://doi.org/10.1016/S1876-3804(20)60111-2)
  21. Kuznetsova E. V. Metodika otsenki effektivnosti geologorazvedochnykh rabot v sisteme upravleniya mineral'no-syr'evym kompleksom regiona [Methodology for estimating the efficiency of geological exploration works in the control system of the regional mineral resource complex]. *XXI vek: itogi proshlogo i problemy nastoyashchego* [XXI Century: Results of the Past and Problems of the Present], 2021, vol. 10, no. 2 (54), pp. 35–39. (In Russ.).
  22. Sal'manov S. M. Metody otsenki faktorov, vliyayushchikh na ekonomicheskuyu effektivnost' geologorazvedochnykh rabot [Methods for assessing factors that affect economic efficiency of geological exploration]. *Ekonomika: vchera, segodnya, zavtra* [Economics: Yesterday, Today, Tomorrow], 2022, vol. 12, no. 8A, pp. 303–308. (In Russ.). DOI: 10.34670/AR.2022.26.58.038
  23. Kozhinova T.V., Vasilyeva E.V. Formirovaniye i aprobatsiya metodiki analiza effektivnosti osushchestvleniya geologorazvedochnykh rabot [Formation and approbation of the methods for analysis of the efficiency of the implementation of geological exploration works]. *Modern Economy Success*, 2022, no 2, pp. 24–30. (In Russ.).
  24. Shut'ko S.Yu., Kozhevnikova S.D., Shut'ko D.S. Otsenka ozhidaemoi denezhnoi stoimosti, EMV poiskovykh proektov UPSTREAM [Estimation of expected monetary value, EMV of UPSTREAM prospecting projects]. *Problemy*

## УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ СЕКТОРОВ РОССИЙСКОГО СЕВЕРА И АРКТИКИ

*ekonomiki i upravleniya neftegazovym kompleksom* [Problems of Economics and Management of Oil and Gas Complex], 2017, pp. 7-11. (In Russ.).

25. Marin E.A., Ponomarenko T.V., Vasilenko N.V., Galevsky S.G. Ekonomicheskaya otsenka proektov razrabotki mestorozhdenii uglevodorodnogo syr'ya v usloviyakh severnykh raionov dobychi s primeneniem binarnogo i reversirovannogo diskontirovaniya [Economic evaluation of projects for development of raw hydrocarbons fields in the conditions of the northern production areas using binary and reverting discounting]. *Sever i rynek: formirovanie ekonomicheskogo poryadka* [The North and the Market: Forming the Economic Order], 2022, no. 3, pp. 144–157. (In Russ.). Doi: 10.37614/2220-802X.3.2022.77.010
26. Nazarov V. I., Medvedeva L. V. Metody kolichestvennoi otsenki faktorov, vliyayushchikh na effektivnost' geologorazvedochnykh работ [Methods for quantitative evaluation of the factors influencing the effectiveness of exploration]. *Neftegazovaya geologiya. Teoriya i praktika* [Petroleum Geology - Theoretical and Applied Studies], 2016, Volume 11, no. 2, pp. 1–14. [https://doi.org/10.17353/2070-5379/16\\_2016](https://doi.org/10.17353/2070-5379/16_2016). (In Russ.).
27. Warren J. E. The Development Decision: Value of Information, SPE-AIME, March 1983, doi: <https://doi.org/10.2118/11312-MS>
28. D K Niezabitowska, R Szaniawski, M Jackson, Magnetic mineral assemblage as a potential indicator of depositional environment in gas-bearing Silurian shales from Northern Poland, *Geophysical Journal International*, August 2019, Volume 218, Issue 2, Pp 1442–1455, <https://doi.org/10.1093/gji/ggz229>
29. Cherepovitsyn A. Tsvetkov P., Evseeva O. Critical analysis of methodological approaches to assessing sustainability of arctic oil and gas projects. *Journal of Mining Institute*, 2021, Volume 249, pp. 463-478. DOI:10.31897/PMI.2021.3.15
30. Zubkovskaya E. D. Sovershenstvovanie metodov ekonomicheskoi otsenki effektivnosti poiska i razvedki mestorozhdenii uglevodorodnogo syr'ya [Improving methods for the economic evaluation of the efficiency of hydrocarbon prospecting and exploration]: *Dis. na soiskanie uchenoi stepeni kand. ek. nauk* [Dissertation abstract for the degree of Candidate of Economic Sciences], Moscow: RGU Nefti i Gaza im. I.M.Gubkina [Gubkin Russian State University of Oil and Gas], 2006, 25 p. (In Russ.).

**Об авторах:**

Д. М. Меткин — канд. экон. наук, зав. лабораторией;

О. В. Жуков — канд. экон. наук, младший научный сотрудник;

А. А. Темников — аспирант Санкт-Петербургского государственного университета, экономический факультет.

**About the authors:**

Dmitry M. Metkin — PhD (Economics), Head of Laboratory;

Oleg V. Zhukov — PhD (Economics), Junior Researcher.

Alexander A. Temnikov — Postgraduate student at St. Petersburg State University, Faculty of Economics.

Статья поступила в редакцию 28 сентября 2022 года.

Статья принята к публикации 13 февраля 2023 года.

The article was submitted on September 28, 2022.

Accepted for publication on February 13, 2023.