

# Анализ и синтез факторов исчерпаемости минерального сырья

Ю.А. Чернегов, Д.В. Щёлокова

Деление природных ресурсов на возобновляемые и невозобновляемые считается общепринятым. К невозобновляемым относят минеральные ресурсы и энергетические ресурсы минерального происхождения. В работе осуществлено намерение ревизовать это распространенное утверждение, что несомненно актуально для науки и практики

Методом решения задачи стала синектика, которая акцентирует внимание на достигнутом в разных и отдаленных отраслях знания для интеграции в качественно новый научный продукт более высокой степени зрелости. Метод опирается на доказанные факты. Недостаточно доказанные концепции относят к разряду мотивированных гипотез.

Отправным моментом для изысканий стало более полное определение понятия «месторождение». Оно опирается на известную тенденцию ухудшения качества минерального сырья с глубиной и одновременно на разработку современных технологических решений, позволяющих вовлекать в использование более бедное, но и более распространенное сырье.

## Выделение приоритетных отраслей для развития экономики страны и место минерально-сырьевого комплекса в их составе

Чтобы провести укрупненную оценку экономической эффективности результатов перехода к более высоким стадиям технологического развития отраслей экономики, их сопряженных групп, а также национальной экономики в целом, необходим соответствующий экономико-математический аппарат. Наиболее адекватно соответствует задачам оценки модель межотраслевого баланса, предложенная проф. В.В. Леонтьевым и приспособленная к особенностям отечественной экономики не только в теоретическом плане, но и посредством актуализированного цифрового наполнения. Выполненная оценка показала, что по степени влияния на эффективность национальной экономики на первом месте находится отрасль «Транспорт и связь», на втором — «Энергетика». Третье место занимает группа отраслей, связанных с добычей, первичной переработкой и использованием минерального сырья. Это свидетельствует о значимости минерально-сырьевого комплекса для повышения конкурентоспособности экономики страны в условиях глобализации.

## Воспроизводство минеральных и энергетических ресурсов в природных условиях и способы отдаления сроков их исчерпания

С древности и в современном мире известны и используются возобновляемые минеральные и энергетические ресурсы (продукты извержения вулканов, тепло земных недр, энергия ветра и воды).

Использование минеральных и энергетических ресурсов, и имеет значительные резервы повышения эффективности на путях инженерно-технологического развития.

В ряде технологически продвинутых стран мира реализуются программы кратного повышения национального дохода за счет снижения ресурсоемкости производства на всех стадиях технологического перелома.

Переработка техногенных минеральных скоплений (отвалов, отсеков, хвостохранилищ) позволяет во многих отраслях экономики на несколько десятилетий отложить ввод новых добывающих мощностей, обеспечить дешевым сырьем жилищное, инфраструктурное и производственное строительство, металлургию и горную химию, высокотехнологичные производства в обрабатывающей промышленности, высвободить инвестиции для структурной перестройки экономики.

Значимость решения проблемы утилизации техногенных минеральных скоплений заслуживает разработки и выполнения целевой научно-технической программы.

Повышение полноты и комплексности использования минерального сырья является действенным средством продления сроков исчерпания запасов конкретных месторождений и ввода новых мощностей. Однако одностороннее стимулирование полноты извлечения часто решается за счет разубоживания минеральной массы. Последнее приводит к снижению производительности обогащательных фабрик по полезному компоненту.

Нередко снижение уровня комплексности использования минерального сырья внешне оправдывается благовидными предложениями (закладка выработанного пространства, предотвращение сброса токсичных компонентов в окружающую среду и т. д.), в результате чего теряются ценные минеральные компоненты. И это происходит несмотря на то, что и в зарубежной, и отечественной практике есть технологии решения этих проблем. Часто подобное достигается за счет мало используемых в отечественных условиях химических и микробиологических методов. Сформированная вертикаль экспертиз направлена на сокращение этих недостатков в интересах местных органов власти и коммерсантов.

Имеются представительные примеры того, что переработка концентратов, зол в энергетике, шлаков в металлургии и хвостов обогащения более эффективна, чем извлечение особо ценных компонентов из исходной минеральной массы.

Выявленные отклонения от научно обоснованных решений предложено преодолевать с помощью внесения дополнений в закон «О недрах», которые позволяют повысить материальную ответственность за недостижение в проектах и на практике показателей мирового уровня, что будет побуждать к своевременной корректировке проектных решений.

Существующие технологические заменители минеральных (слодяные бумаги, базальтовые волокна, редкоземельные металлы, наноматериалы и др.) и энергетических ресурсов («бионефть», водород вулканов и др.) экологичнее, эффективнее в производстве и потреблении; приводят к коренным изменениям в горно-обогатительном производстве, расширению минерально-сырьевой базы, сокращению потерь в недрах<sup>1</sup>. Вместе с тем они требуют всесторонней оценки, в том числе экологической, поскольку приводят к получению продуктов с новыми потребительскими характеристиками.

Региональные технологии предполагают одновременную эксплуатацию нескольких минеральных источников, что предопределяет необходимость изменения традиционных технологических решений по отношению к ряду конкретных источников сырья. В результате достигается сокращение текущих и инвестиционных затрат и нагрузки на окружающую среду, расширение номенклатуры выпускаемой продукции, уменьшается потребность в дальних перевозках грузов, возрастает полнота и комплексность использования недр<sup>2</sup>.

Энерготехнологические комплексы создаются с использованием новых технологических идей, позволяющих одновременно решать задачи развития энергетики и экологии. Энерготехнологические комплексы, построенные на идее замкнутости энергетических и материальных потоков в рамках одного агрегата, предприятия или группы предприятий с учетом уже имеющихся разработок и использованием серийно выпускаемого оборудования, обеспечивают уменьшение потребления пресной воды на технологические нужды, исключают сточные воды, загрязнение лито-, гидро- и атмосферы вредными выбросами, позволяют отказаться от дымовой трубы как средства тяги и разубоживания газообразных выбросов с последующими безвозвратными потерями ценных сырьевых компонентов за счет рассеивания их на больших территориях<sup>3</sup>.

В последнее время широкое распространение получают устройства, преобразующие тепловую энергию процессов в формы, позволяющие организовать круглогодичное потребление в рамках конкретно реализуемой технологической схемы без передачи энергии другим предприятиям или использования ее на другие цели, не связанные с основным производством.

Существуют устройства для преобразования твердых, жидких и газообразных продуктов в механическую работу, обеспечивающие при этом транспортировку, осуществление промежуточных операций, очистку от вредных примесей. Разрабатываются и широко используются устройства, совмещающие функции насосов, компрессоров, вентиляторов и теплообменных аппаратов.

Энерготехнологические комплексы, по существу, развивают и конкретизируют концепцию региональных технологий применительно к металлургии, машиностроению, химии и энергетике. Показано, какие огромные резервы су-

---

<sup>1</sup> Якуцени В.П., Петрова Ю.Э., Суханов А.А. Нетрадиционные ресурсы углеводородов – резерв для восполнения сырьевой базы нефти и газа России // Электронное издание «Нефтегазовая геология. Теория и практика». 2009 г. № 4 // [http://www.ngtp.ru/rub/9/11\\_2009.pdf](http://www.ngtp.ru/rub/9/11_2009.pdf) (дата обращения: 25.11.2015).

<sup>2</sup> Аблеева Р.И., Репникова Г.Н., Грибина Е.Н. Регион в переходном периоде. М.: Альфа-М., 1995 г.

<sup>3</sup> Александров Л.В., Карпова Ю.А., Шепелев Н.П. Роль изобретений в охране окружающей среды. М.: ВНИИПИ, 1991 г.

ществуют в деле ресурсосбережения. Отсюда выход на вопросы закладки новых мощностей и соответствующих сроков реализации инвестиций

Существуют пути одновременного решения энергетических и экологических проблем. Один из них — использование новых технологий на основе газификации твердых горючих в режиме фильтрационного горения со сверхадиабатическим разогревом. В результате возможна утилизации горючих отходов и низкосортных твердых топлив с высокой энергетической эффективностью, экологической чистотой и невысокими затратами<sup>4</sup>.

Проектируемое строительство Караканского энерготехнологического кластера в Кузбассе даст возможность впервые системно решить проблему регионального социально-экономического развития с тем, чтобы она стала объектом для творческого тиражирования в других горнодобывающих регионах. В составе первой очереди кластера будут построены разрез, шахта, энергетические установки и завод полукоксования угля. Часть добываемого топлива будет направлена на нужды развития энергетики, другая — на полукоксование и последующий помол для вдувания в домны взамен дефицитного кокса. Вторая очередь кластера позволит использовать золу от сжигания угля для извлечения из нее редкоземельных металлов, направляемых на легирование стали и производство постоянных магнитов. Шахтный метан будет преобразован химическим способом во взрывобезопасное и физиологически нейтральное соединение. Помол золы в смеси с породами вскрыши позволит производить строительный кирпич и огнеупоры по технологии самораспространяющегося высокотемпературного синтеза. Преодоление монопрофильности городского формирования будет достигнуто за счет строительства завода по производству ветеринарных препаратов и товаров бытовой химии в порядке конверсии оборонных разработок<sup>5</sup>.

## Практически неисчерпаемые природные минеральные и энергетические ресурсы

Развитие глубинного бурения позволило обнаружить нефть в скальных коллекторах, где высокие температура и давление существенно влияют на состояние и полноту извлечение нефти. Ограниченный объем работ пока не позволяет делать выводы о перспективах использования ресурсов, заключенных в таких коллекторах.

Во многих регионах мира обнаружены глубинные ресурсы нефти и газа в осадочных породах, имеющих развитую систему трещин.

Матричная нефть является разновидностью углеводородного сырья, наличествующего в пределах карбонатных резервуаров газоконденсатных месторождений. Она как бы срослась с карбонатной породой, стала ее составной частью, поэтому низко- и среднемолекулярные углеводороды не могут покинуть место своего формирования. Матричная нефть содержит аномально высокие концентрации биогенных и абиогенных металлов и газов, что объясняется ее высоки-

---

<sup>4</sup> Лаверов Н.П., Чернегов Ю.А. Направления развития наукоемких производств // Технологии мира. 2009. № 3 (11).

<sup>5</sup> Демидов Ю.В., Друдж П.В. Перспективы биотехнологии углей. М.: «Недра», 1991.

ми сорбционными особенностями и увеличивает ценность ее извлечения. По имеющимся оценкам, в пределах карбонатных коллекторов может содержаться такое количество матричной нефти, которой хватит по современному объему потребления на 48 тыс. лет, однако требует для своего извлечения создания новых технологических решений<sup>6</sup>.

Ресурсы подводных месторождений углеводородов освоены в основном на континентальном шельфе, что позволило добывать свыше четверти мирового объема нефти. Развитие технологии бурения скважин с надводных судов привели к открытию гигантских месторождений нефти и газа на континентальном склоне Бразилии у западных побережий Африки и Мексики. Интенсивно осваиваются ресурсы Мексиканского залива. Дальнейшее развитие работ в глубоководной зоне океанов способно в корне изменить представление об обеспеченности ресурсами углеводородов стран и целых регионов.

Ресурсы водорастворенного метана и гидратов газа в современной оценке рассматриваются как неисчерпаемые. Сложности извлечения водорастворенного метана обусловлены его малой концентрацией в воде. С позиции отдаленной перспективы притягательными являются коллекторские свойства воды в связи с наличием постоянного «углеводородного дыхания Земли». Наличие других источников ресурсов метана позволяет пока не заниматься проблемой водорастворенного метана<sup>7</sup>.

Ресурсы гидратов газа представляют больший практический интерес. В Канаде уже ведется их опытная эксплуатация. Национальная академия наук Украины объявила о наличии у нее технологии извлечения газа из гидратов. Несомненный интерес к эксплуатации гидратов газа существует у Китая ввиду дефицита других разведанных источников углеводородов<sup>8</sup>.

Сланцевые углеводороды представляют собой скопления нефти и газа в полостях ограниченного объема, образовавшихся в негорючих осадочных плотных песчано-глинистых породах на небольшой глубине.

Причиной вывода добывающих скважин из эксплуатации, пройденных по сланцевым породам, является исчерпание запасов углеводородов в полостях. Для продления сроков эксплуатации скважин полости сбивают между собой различными способами, наиболее распространенным из которых является гидроразрыв пластов сланца. Часто для понижения прочности сланца используют химические добавки, нередко экологически неприемлемые. Однако уже разработаны слаботоксичные химикаты, а также могут быть предложены экологически совершенно безопасные способы разрыва пластов без использования воды и химикатов.

При наличии инфраструктуры добычу сланцевых углеводородов используют как добавку к добыче традиционных углеводородов. В местах редкого и

---

<sup>6</sup> Дмитриевский А.Н. Перспективы освоения ресурсов матричной нефти // Энергетическая политика. 2010. № 6.

<sup>7</sup> Абукова Л.А., Акулинчев Б.П., Абрамова О.П., Исаева Г.Ю. Водорастворенный газ как нетрадиционный источник углеводородного сырья // Электронный журнал «Георесурсы, геоэнергетика, геополитика». 2014. № 1(9) // [http://oilgasjournal.ru/vol\\_9/abukova.pdf](http://oilgasjournal.ru/vol_9/abukova.pdf) (дата обращения: 30.11.2015).

<sup>8</sup> Молачиев А.С. Газогидраты // Энергетическая политика. 2010. № 6.

очагового размещения населения сланцевые углеводороды можно использовать как местные виды топлива без прокладки протяженных трубопроводов.

Крупные мировые авторитеты в области добычи углеводородов воздерживаются от оценки сроков их исчерпания. Наиболее активно обсуждают эту проблему в политизированных сообществах, не обладающих должным знанием существа вопроса.

Человечество издавна использует минеральные вещества, связанные с морями и океанами. Ряд из них непосредственно извлекается из воды. Прибрежно-донные отложения служат источником строительных материалов, тяжелых металлов и минеральных добавок к корму животных<sup>9</sup>.

Известны месторождения минералов, плавно переходящие с суши под воду. Их промышленное освоение связано с возможностью прорыва морских вод.

Минеральные ресурсы океанического дна представлены железомарганцевыми конкрециями, кобальтомарганцевыми рудными корками, фосфоритами и шельфовыми россыпеобразованиями, включая огромные запасы редкоземельных металлов, придонными образованиями так называемой жидкой руды. Фактически они являются комплексными рудами с высоким содержанием полезных компонентов. Оценки свидетельствуют о возможности и экономической целесообразности их разработки. Имеются огромные запасы, хотя подсчеты носят эпизодический характер. Австралия и Китай проявляют практический интерес к этим ресурсам и уже проектируют предприятия по их эксплуатации<sup>10</sup>.

### Расширенное воспроизводство минеральных и энергетических ресурсов

Переход к расширенному воспроизводству минеральных ресурсов возможен и уже частично реализуется. Ценное минеральное сырье может быть сформировано из менее качественных и ценных минеральных компонентов, причем синтез вероятен как в природных, так и в фабричных условиях. В США синтезируют алмазы любых размеров. На разных материках обнаружены проявления импактных алмазов, образовавшихся в результате ударов метеоритов в породу соответствующего состава. Кристаллическая форма крупных минералов, в том числе выраженных в фабричных условиях, позволяет хранить в них длительное время радиоактивные отходы. Многочисленные новые минеральные образования в процессах самораспространяющегося высокотемпературного синтеза, реализуемых на фабриках различных стран, фактически являются лабораторной базой для отработки процессов в недрах соответствующего породного состава.

Более высокая температура пород в глубоких скважинах, чем предполагалось ранее, не может быть полностью объяснена только радиоактивным разогревом. Осуществляемые в лабораторных и промышленных условиях реакции самораспространяющегося высокотемпературного синтеза и их разновидности

---

<sup>9</sup> Варфоломеев С.Д. Новые виды топлива // [http://www.russia.ru/video/mgu\\_8114/](http://www.russia.ru/video/mgu_8114/) (дата обращения: 15.11.2015).

<sup>10</sup> Брыляков Ю.Е., Николаев А.И., Герасимова Л.Г. Перспективные направления в технологии переработки концентратов комплексного обогащения апатито-нефелиновых руд // Горный журнал. 2009. № 9.

(твердопламенное, жидкопламенное горение, гибридные системы) протекают в различных условиях и являются экзотермичными. Зафиксированная температура горения может достигать 2300–3800°C, что способно объяснить разогрев пород в глубоких скважинах. Созданный научный и практический задел в области реализации СВС-процессов в России и за рубежом является лишь начальной стадией освоения перспективного направления создания материалов нового поколения с ценными потребительскими характеристиками.

Нижняя граница температуры зажигания может составлять 500°C, и она вероятна в восходящих жидких и газообразных флюидах. Еще более значительная температура характерна для лавовых потоков. Во многих местах земной коры существуют кристаллические породы, вынесенные в верхние горизонты тектоническими и эрозионными процессами. Степень изученности геодинамических процессов, протекающих в глубинных слоях земной коры и верхних слоях мантии, пока недостаточна и должна быть преодолена дальнейшими работами с использованием современных методов и технических средств.

Совокупность имеющихся данных дает основание предположить, что процессы самораспространяющегося высокотемпературного синтеза могут протекать в земных недрах, особенно в районах действующих и потухших вулканов. Среди продуктов СВС-процессов могут существовать минеральные образования с высокими потребительскими свойствами — потенциальные полезные ископаемые нетрадиционного типа. Обнаружение американским марсоходом минерала, не известного на Земле, является одним из аргументов в пользу поиска на Земле новых типов минерального сырья. В России следует организовать нацеленный поиск нетрадиционных минеральных образований и их месторождений. Для этого необходимо прежде всего систематизировать сведения о поисковых признаках новых минеральных образований на основании данных лабораторных, включая заводские, и опытных технологических разработок.

Вполне вероятно, что в недрах Земли текут процессы постоянного формирования водорода, являющегося наиболее калорийным видом природного топлива, что находит выход в многочисленных точках среднеокеанических хребтов, а также на материках. Скопления водорода перемещаются из глубины к жерлам вулканов, что делает их доступными для использования<sup>11</sup>.

Некоторые виды растений вырабатывают в своих волокнах горючие углеводороды, похожие по составу на содержащиеся в нефти, причем вредные примеси в них практически отсутствуют. Известны способы использования таких растений для производства топлива. Успехи биоэнергетики потенциально позволяют покрывать до 40% потребности в топливе.

В Испании создан интересный симбиоз для использования ветровой (искусственный циклон) и солнечной энергии, обеспечивающий постоянное вращение турбины электрогенератора. Восточная Сибирь, Якутия и Бурятия являются самыми солнечными регионами России. Они перспективны для создания подобных установок.

Зафиксировано наличие в Красном море впадин, целиком заполненных рудными илами, которые содержат железо, марганец, цинк, свинец, медь, благород-

<sup>11</sup> Козловский Е.А. Глубинное исследование недр Земли. М.: ООО «ЦИТвП», 2008.



ные и редкие металлы. Наличие подобных образований вероятно на больших глубинах в Атлантическом и Тихом океанах в зонах межконтинентальных разломов.

Сероводород содержится в природном газе и морской воде во многих регионах мира. Наиболее привлекательным объектом для использования сероводорода является Черное море, где его запасы оцениваются в миллиард тонн. Установлено, что сероводород воспроизводится в недрах. Кроме России к его использованию могут проявить интерес еще семь причерноморских государств.

Применение водорода в энергетике осваивается. Представляет интерес процесс разложения сероводорода на водород и элементную серу. Известна разработка одного из институтов Национальной академии наук Украины, которая открывает путь к получению электроэнергии прямо из сероводорода без предварительного химического разложения его на водород и серу. Зафиксировано воспроизводство сероводорода в придонных образованиях Черного моря. Существует проблема расширения области применения серы для получения серной кислоты, сероасфальта, серобетона и производства серополимеров.

Перспектива освоения геотехнологии, понимаемой как совокупность методов и средств воссоздания месторождений в нужное время и в нужном месте, приобретают черты реальности в связи с результатами глубинного исследования недр. Установлено, что с переходом на глубокие горизонты содержание так называемых основных компонентов снижается при одновременном повышении содержания попутных, которые зачастую имеют значительно большую потребительную ценность, чем основные, особенно для современных областей применения. При этом новые минеральные скопления могут формироваться ближе к поверхности Земли за счет переноса в верхние слои мантийного вещества жидкими и газообразными флюидами<sup>12</sup>.

Частичный и отложенный во времени кругооборот металлов и строительных материалов уже осуществляется при участии человека. Последовательно совершенствуются способы вовлечения в кругооборот веществ при одновременном расширении их номенклатуры. Уже созданы бактериальные методы извлечения металлов из морской воды при их концентрации на уровне следов, пригодные для промышленного использования. Свой вклад в кругооборот вносят и природные процессы, такие как «углеводородное дыхание Земли» и потребление углекислого газа растениями при увеличении их урожайности.

Замкнутые водоемы могут содержать химические элементы в повышенных концентрациях. Генная инженерия позволяет создавать бактерии, специализирующиеся на извлечении конкретных видов металлов. Это позволяет формировать кругооборот многих химических веществ в ноосфере, существующей благодаря рукам и разуму человека.

Синтетическая нефть представляет собой продукт переработки и обогащения гидрированием нефтеносных песков, угля и биомассы, запасы которых в мире огромны. В ряде стран разработаны альтернативные процессы понижения вязкости нефти и повышения теплоты сгорания угля в пластах, приготовления экологически благоприятной нефтяной эмульсии (оримульсии) из высоковязкой

---

<sup>12</sup> Чернегов Ю.А. Изучение и освоение техногенных месторождений // Горный информационно-аналитический бюллетень. Изд-во МГТУ, 2009. № 3.



нефти, получения других видов жидких углеводородов из угля и газа, полукокса, пригодного для использования как высокоэффективного сорбента и после помола — для вдувания в домны как частичной замены дорогого и дефицитного коксующегося угля, а также коксового газа — экологичного энергоносителя<sup>13</sup>.

Колорадская горная школа провела международный симпозиум по проблеме использования минеральных ресурсов космических тел для решения задач повышения эффективности экономики на Земле. В симпозиуме приняли участие сотрудники Роскосмоса и НАСА. В коммюнике по итогам симпозиума отмечается, что такие полеты станут реальностью к 2020–2025 гг. Наибольший интерес представляет доставка трития, несколько килограммов которого дадут возможность обеспечить годовую потребность землян в энергии.

Китайский луноход имеет одной из задач обнаружение новых видов минералов на спутнике Земли. Его запуск рассматривается как этап к созданию на Луне обитаемого модуля.

В атмосфере кометы Чулюмова – Герасименко установленный на спускаемом аппарате датчик зафиксировал наличие водяного пара и органических соединений.

Россия ведет переговоры с Европейским Союзом о выполнении совместной программы освоения Луны.

Таким образом, на начальной стадии формируется этап улучшения минерально-сырьевой базы на Земле с использованием космических источников.

### Новые возможности инженерного творчества на современном этапе развития

Сегодня имеются серьезные продвижения в методологии творческой деятельности инженеров. В ее рамках определены как предмет деятельности в образе рациональных преобразований наличных технологий и техники: методы преобразований, в том числе формализованные и переведенные на машинный язык, которые основываются на «банках знаний» и распространяются через международные информационные сети; законы преобразований, включающие результаты их проявления в области наукоемких инновационных решений как следствие взаимодействия различных областей знания. Эта область науки формируется в крупный синтетический раздел знания, получивший название «науки об искусственном» и претендующий на статус фундаментального раздела науки. Овладение знаниями в этом разделе науки уже открыло существенно возросшие возможности практического решения задач инженерного творчества. Науки об искусственном продолжают развиваться за счет формализации интуитивной творческой деятельности, в частности методами искусственного интеллекта.

Имеются новые научно-технические решения, открывающие возможность преобразования природной среды путем качественного улучшения всех видов ее ресурсов, в их числе уже реализованные на практике.

---

<sup>13</sup> Дмитриевский А.Н. Нетрадиционные ресурсы нефти и газа России: проблемы и перспективы освоения // Электронный журнал «Георесурсы, геоэнергетика, геополитика». 2014. № 2 (10) // [http://oilgasjournal.ru/vol\\_10/dmitrievsky.pdf](http://oilgasjournal.ru/vol_10/dmitrievsky.pdf) (дата обращения: 25.11.2015).

Изложенные факторы развития представлений о минерально-сырьевой базе позволили сформулировать гипотезу о неисчерпаемости этого вида ресурсов. Анализ и синтез факторов дают основание говорить о высокой степени мотивированности гипотезы. Превращение гипотезы в доказанное положение еще потребует приложения существенных интеллектуальных и материальных затрат, тем не менее этот процесс представляется необходимым и реальным уже в ближайшие десятилетия.

## Список используемых источников

1. Аблеева Р.И., Репникова Г.Н., Грибина Е.Н. Регион в переходном периоде. М.: Альфа-М., 1995 г.
2. Абукова Л.А., Акулинчев Б.П., Абрамова О.П., Исаева Г.Ю. Водорастворенный газ как нетрадиционный источник углеводородного сырья // Электронный журнал «Георесурсы, геоэнергетика, геополитика», 2014 г., № 1(9) // [http://oilgasjournal.ru/vol\\_9/abukova.pdf](http://oilgasjournal.ru/vol_9/abukova.pdf) (дата обращения: 30.11.2015).
3. Александров Л.В., Карнова Ю.А., Шепелев Н.П. Роль изобретений в охране окружающей среды. М.: ВНИИПИ, 1991.
4. Брыляков Ю.Е., Николаев А.И., Герасимова Л.Г. Перспективные направления в технологии переработки концентратов комплексного обогащения апатито-нефелиновых руд // Горный журнал. 2009. № 9.
5. Варфоломеев С.Д. Новые виды топлива // [http://www.russia.ru/video/mgu\\_8114/](http://www.russia.ru/video/mgu_8114/) (дата обращения: 15.11.2015).
6. Демидов Ю.В., Друдж П.В. Перспективы биотехнологии углей. М.: Недра, 1991.
7. Дмитриевский А.Н. Перспективы освоения ресурсов матричной нефти // Энергетическая политика. 2010. №6.
8. Дмитриевский А.Н. Нетрадиционные ресурсы нефти и газа России: проблемы и перспективы освоения // Электронный журнал «Георесурсы, геоэнергетика, геополитика». 2014. № 2 (10).
9. Козловский Е.А. Глубинное исследование недр Земли. М.: ООО «ЦИТьП», 2008.
10. Лаверов Н.П., Чернегов Ю.А. Направления развития наукоемких производств // Технологии мира. 2009. № 3 (11).
11. Молачиев А.С. Газогидраты // Энергетическая политика». 2010. № 6.
12. Прогнозы развития общества, разработанные в рамках ООН на период 2002–2032 гг. // <http://www.un.org/press/en/content/press-release> (дата обращения: 30.11.2015).
13. Чернегов Ю.А. Изучение и освоение техногенных месторождений // Горный информационно-аналитический бюллетень. Изд-во МГТУ. 2009. № 3.
14. Якуцени В.П., Петрова Ю.Э., Суханов А.А. Нетрадиционные ресурсы углеводородов – резерв для восполнения сырьевой базы нефти и газа России // Электронное издание «Нефтегазовая геология. Теория и практика». 2009. № 4 // [http://www.ngtp.ru/rub/9/11\\_2009.pdf](http://www.ngtp.ru/rub/9/11_2009.pdf) (дата обращения: 25.11.2015).

*Статья принята к печати 15 сентября 2015 года.*