

УДК 622

DOI: 10.33764/2411-1759-2019-24-3-158-168

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ ГОРНОПРОМЫШЛЕННЫХ КОМПЛЕКСОВ

Юрий Владимирович Лебедев

Уральский государственный горный университет, 620144, Россия, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30, доктор технических наук, профессор кафедры природообустройства, e-mail: taranova@ukr.net

Рудольф Николаевич Ковалев

Уральский государственный лесотехнический университет, 620032, Россия, г. Екатеринбург, Сибирский тракт, 37, доктор технических наук, профессор, e-mail: kir9624@yandex.ru

Лариса Николаевна Олейникова

Уральский государственный горный университет, 620144, Россия, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30, ассистент кафедры природообустройства, e-mail: nikolar07@mail.ru

При рассмотрении объектов горнопромышленного комплекса осуществлялся междисциплинарный подход на основе учета экологических, социальных, экономических и технологических факторов. При этом система недропользования рассматривается как совокупность разрабатываемых участков недр и промышленных производств, объединенных потоками энергии, вещества и информации между собой, с гражданским обществом и с окружающей природной средой. Рассмотрены два условия инновационного развития горнопромышленных комплексов: формирование долгосрочной мотивации у субъектов хозяйственной деятельности и создание механизмов долгосрочного кредита. Обосновываются основные направления инновационного развития горнопромышленных комплексов: создание новых технологий добычи полезных ископаемых, опережение мирового уровня по ряду исследований, развитие государственного управления, использование техногенных месторождений и восстановление нарушенных экосистем, цифровизация процессов недропользования, вовлечение общества в организацию ведения недропользования.

Ключевые слова: горнопромышленный комплекс, система недропользования, инновационное развитие, новые технологии, мировой уровень, государственное управление, минимизация экологических нарушений, техногенные месторождения, цифровизация.

Введение

Россия является самой обеспеченной природными ресурсами страной, – доля в мировых запасах ресурсов составляет: нефти – 13 %, газа – 32 %, угля – 11 %, свинца, цинка, никеля, железа – от 10 до 36 % [1]. Но после распада СССР возникла проблема самообеспечения по некоторым видам минеральных ресурсов: полное отсутствие марганца, хрома, стронция, ртути, циркония, значительный дефицит свинца, цинка, флюорита, барита, каолина и некоторых других. Стратегическая цель развития горнопромышленного комплекса России – устойчивое минерально-сырьевое обеспечение развития экономики страны с учетом политики ресурсосбережения, социальной сферы, национальной безопасности и долгосрочных интересов развития общества в целом [2, 3].

Инновационное развитие – нововведения в области техники, технологии, организации труда и управления, основанные на использовании достижений науки и передового опыта. В развернутом, практическом смысле, инновационное развитие – это постоянный поток открытий и изобретений и их успешное проведение от идеи до производства. В этот процесс должно быть вовлечено огромное количество научных работников, инженеров и высококвалифицированных рабочих. По мнению Ю. С. Глазьева [4], для развития инновационной экономики необходимы два основных условия.

Первое – формирование долгосрочной мотивации у субъектов хозяйственной деятельности. Подчеркнем, что долгосрочная мотивация должна соответствовать концептуальным принципам устойчивого развития и исходить из идеологических положений экономики устойчивого развития. Для этого нужна государственная промышленная политика по созданию корпораций с устойчивыми мотивами долгосрочного развития, по «выращиванию» национальных лидеров в наукоемких отраслях экономики.

Вторым условием развития инновационной экономики является создание механизмов долгосрочного кредита, формирование стимулирующей инновационное развитие системы налогообложения. По мнению Ю. С. Глазьева [4], существующие в РФ в настоящее время коммерческие банки не способны на такие операции.

Академик Д. С. Львов пояснял [5]: «...в нормальной экономике эффективность основного капитала выше, чем оборотного и финансового. У нас же опять не так: господствует финансовый капитал, и его эффективность в десятки раз выше – вот основа для всевозможных финансовых пирамид...если в финансовой сфере рентабельность высокая, а в производстве низкая, то никакого перетока финансов в производство не будет. В экономике образовался тромб...».

Возможными способами инвестирования инновационного развития могут являться специальные банки развития (как в Китае) или механизмы работы со сбережениями населения (как в Японии сейчас; раньше этот механизм использовался в СССР).

Современное состояние недродобывающего комплекса в России характеризуется: большим снижением доли РФ в объемах мировой добычи полезных ископаемых за последние 30 лет; истощением богатых и легкодоступных месторождений в обжитых районах; ростом экологической и геодинамической нагрузки на природную среду.

Методы

При обосновании основных направлений инновационного развития горно-промышленных комплексов использованы методы контекст-анализа публикаций научно-исследовательских работ по данной тематике (более 320 публикаций в отечественных и зарубежных сборниках и периодических изданиях), критического осмысления научных идей, методы анализа ассоциативных связей в сфере недропользования [6].

Осуществлялся междисциплинарный подход при рассмотрении объектов горнопромышленного комплекса на основе учета экологических, социальных, экономических и технологических факторов [7]. При этом система недропользования рассматривается как совокупность разрабатываемых участков недр (характеризующихся геологическими, геомеханическими, аэрогазодинамическими процессами), промышленных производств (геологическая разведка, добыча и обогащение минерального сырья, глубокая переработка, утилизация отходов производства), объединенных потоками энергии, вещества и информации между собой, с гражданским обществом и с окружающей природной средой (воздухом атмосферы, водой, почвенным и растительным покровом); система отражает существующее состояние и будущие последствия недропользования. Потоки энергии, вещества и информации в системах недропользования функционируют в экологической, социальной, экономической и технологической сферах.

Результаты – пути инновационного развития недродобывающего комплекса

1. Концептуальные положения по объемам добычи полезных ископаемых. Объемы добычи полезных ископаемых определяются насущной внутренней необходимостью в добыче дополнительных природных ресурсов для развития отечественного промышленного производства [8]. Возможность недродобычи для продажи ресурсов за рубеж и получения прибыли (месторождение медно-никелевых руд в Воронежской области, Томинская рудная зона в Челябинской области) не может быть приоритетным основанием для недропользования [9]. Обычно у недродобывающих компаний мотивация следующая: занятость населения в экономике (рост рабочих мест), возможные компенсации за ущерб (вред) с социальных позиций. Деятельность компаний должна осуществляться, в первом случае, путем организации иных экологически безопасных производств (совершенствование того же сельского хозяйства), во втором случае – путем исполнения таких проектов, где социальный аспект является приоритетным (выше получения прибыли), поскольку Россия по Конституции – социальное государство.

Увеличение объемов добычи полезных ископаемых обусловлено стратегической необходимостью добычи и переработки определенных видов природных ресурсов. Так, в СССР после Великой Отечественной войны возникла стратегическая необходимость в поиске и добыче радиоактивных элементов (торий, уран), в поиске месторождений нефти. В настоящее время в России существует стратегическая необходимость в восстановлении, развитии, добыче и переработке редкоземельных металлов [10] как для собственного высокотехнологического промышленного производства, так и для поставки на международный рынок. Стратегической необходимостью может стать организация добычи нефти в трудноизвлекаемых месторождениях (Баженовская свита в Западной Сибири) [11].

Общие положения долговременной устойчивости недропользования по объемам добычи соответствуют теории управления использованием исчерпаемых природных ресурсов [12, 13].

2. Организация технологий добычи полезных ископаемых, обеспечивающих минимизацию нарушенных экосистем. Любой из существующих видов недропользования вызывает разрушение, трансформацию, загрязнение окружающей природной среды; с фундаментальных научных позиций – вызывает нарушения сформировавшейся за длительный период биотической регуляции окружающей среды [14].

Пока в России не существует никаких суперсовременных экологически маловредных технологий. Принято считать, что к менее вредным относятся методы химического и биологического выщелачивания металлов из месторождений. Но все равно при таких технологиях образуются большие объемы отходов (кислые воды; воды, загрязненные солями тяжелых металлов), происходит «вымывание» металлов из руды прямо в шахтах и загрязнение, нарушение подземного пространства.

Неблагоприятные ситуации из-за техногенной трансформации подземного пространства в Соликамске [15], Курганской области (добыча урана) [16], в пойме реки Хопер (законсервированные разведочные скважины) [17] свидетельствуют об потенциальных экологических неприятностях в подземном пространстве.

Принципиальным положением (неукоснительным правилом) по обеспечению минимизации нарушений экосистем при недропользовании должна являться организация добычи полезных ископаемых на основе результатов междисциплинарных исследований [18] и многокритериальной оптимизации [19], т. е. при условии сохранения жизни и здоровья населения, проживающего на территории недропользования.

3. Создание новых технологий «безлюдной» и маловредной добычи полезных ископаемых. «Безлюдные» и «маловредные» технологии добычи полезных ископаемых разрабатываются для месторождений, опасных для здоровья человека, при экономической целесообразности – для получения жидких и газообразных энергоносителей из углей и горных сланцев в подземных условиях; по социальным условиям – для сокращения «вахтового» варианта организации работ и др.

Созданию «безлюдных» и «малолюдных» технологий добычи полезных ископаемых будет способствовать «цифровизация» систем недропользования на основе автоматизированных систем управления.

4. Опережение мирового уровня по ряду исследований геомеханических, геодинамических, геохимических, геотехнологических (скважинных) методов добычи полезных ископаемых, исследований по освоению месторождений бедных, сложноструктурных, геодинамически опасных, месторождений с тонковкрапленными рудами.

В мире ведутся и внедряются в практику инновационные технологии физико-химического разрушения горных пород, гидравлические и электромагнитные технологии дробления горных пород, технологии дробления и измельчения на основе использования свободного удара и растягивающих нагрузок. Принципы устойчивого развития в отраслевом приложении начинают использовать при проектировании технологий горных работ в Канаде (Bradley C. Sharpe), в Австралии (R.W.J. Mawby Maurice), в других регионах (J. Dubiriski), в конкретных проектах разработки карьеров (N. Adibi, M. Atae-pour, M. Rahmanpuur), шахт (J. Euy Kscho, G. A. Davis, A. M. Newman), при многокритериальном анализе (S. S. Erzulumlu, Y. O. Erzulumlu), при обосновании биотехнологий [20–28].

5. Развитие государственного управления и совершенствование государственно-частного партнерства в сфере недропользования. Разработка трудных (сложно-структурных, геодинамически опасных и др.) месторождений сдерживается отсутствием фундаментальных научных работ (НИОКР); у недродобывающих компаний недостаточно стимулов для финансирования этих работ, необходимо государственное участие в данных ситуациях. Предложение по государственному управлению в геологической разведке полезных ископаемых [29].

В государственной программе ХМАО – Югра «Воспроизводство и использование природных ресурсов» (постановление Правительства ХМАО – Югра от 05.10.2018 № 345-П) названа задача – создание условий для эффективного воспроизводства минерально-сырьевой базы, а также вовлечения и разработки трудноизвлекаемых запасов нефти Баженовской свиты. Данная программа предусматривает фундаментальные научные исследования по созданию комплекса отечественных технологий и оборудования для эффективной разработки Баженовской свиты. Меры для государственной поддержки: принят закон автономного округа от 29.10.2017 № 68-оз «О внесении изменений в отдельные законы Ханты-Мансийского автономного округа – Югры в сфере налогообложения», которым предусмотрено предоставление льгот по налогу на имущество в рамках реализации национального проекта по созданию отечественных технологий для рентабельного освоения Баженовской свиты. Запланированный объем финансирования по Государственной программе ХМАО – Югра 10 млрд руб. на период 2019–2020 гг.

6. Использование техногенных месторождений, полигонов отходов недропользования и восстановление нарушенных экосистем (почв, растительного покрова). Техногенными месторождениями являются накопленные промышленные отходы на закрытых или законсервированных производствах горнопромышленного комплекса; они могут считаться собственностью государства [30]. К техногенным месторождениям могут относиться также неиспользуемые промышленные отходы на действующих горных предприятиях; их правовой статус определяется при специальном рассмотрении. Промышленные отходы, используемые на горных предприятиях, не являются техногенными месторождениями и представляются их собственностью.

Недропользователи, взявшие на себя разработку техногенных месторождений (старых, неиспользуемых промышленных отходов), вправе рассчитывать на поощрение государства за снижение техногенной нагрузки на природную среду, например, путем уменьшения налога на доход. Использование (разработка) техногенных месторождений является восполнением минерально-сырьевой базы страны [31] и также должно поощряться государством.

При восстановлении нарушенных экосистем в районе недропользования важна оценка эколого-экономической значимости всего многообразия их природных благ (биологических ресурсов, средоформирующих функций, социальной роли) в пространственно-временной динамике. Это важно при оценке изменения свойств, режимов и функций нарушенных и восстанавливаемых почв в районах недропользования.

7. Цифровизация процессов в системах недропользования. Цифровизация процессов (цифровая экономика) в системе недропользования включает формирование соответствующих баз данных по недропользованию, ведение информационных ресурсов и реализацию программ, процедур и алгоритмов по организации эффективного производства.

В Государственной программе ХМАО – Югра «Воспроизводство и использование природных ресурсов» предусмотрено создание 70 баз данных в сфере недропользования.

Все элементы цифровизации управления недропользованием (элементы цифровой экономики) в целях национальной безопасности и защиты информации (Закон Российской Федерации от 27.07.2006 № 149-ФЗ «Об информации, информационных технологиях и о защите информации») должны строиться на российских технологиях, на российских системах управления базами данных (СУБД), на национальной платформе с прикладным, сервисным программным обеспечением (ПО) [32, 33].

Координация автоматизированной системы управления (АСУ) недропользования с системой АСУ всего горнопромышленного и металлургического комплекса выполняется на новом научно-техническом уровне: объектно-ориентированной СУБД 6-го поколения на основе сетцентричного принципа, технологии блокчейн, «туманных» вычислений, голосового и графического управления роботизированными устройствами, криптования, моделирования.

8. Вовлечение общества в эффективную форму организации и ведения недропользования. Реализация рассмотренных путей инновационного развития недродобывающего комплекса предусматривает широкое вовлечение сотрудников всех уровней в новый способ работы, построенной на последовательной и продуманной коммуникации, проведение обучающих мероприятий по оптимизации процессов, обеспечению управленческой инфраструктуры, формированию образа мышления и поведения сотрудников систем недропользования.

Важное положение – инновационное развитие горнопромышленного комплекса должно следовать всем природоохранным ограничениям, ибо их игнорирование (особенно в экономическом плане) формирует эффект привыкания

(что уже и происходит), а будущее исправление этой «экологической наркомании» отзовется обществу очень большими неприятностями.

Заключение

Необходимо понимать, что все инновационные прорывы – явления культуры. Требуется подъем и формирование общей культуры общества, нужна соответствующая, особая атмосфера в обществе. Нужны миллионы людей, которые мечтают изобретать, делать что-то принципиально новое. Принципиальное свойство общей культуры общества – осознанная помощь друг другу, а не раскручивание эгоистической конкуренции.

Инновационный путь развития экономики в его декларированном виде не позволяет разрешить противоречие между экономикой и природой, выражающееся в противоречии между экономическим ростом и отсутствием роста в биосфере (в биосфере только качественное развитие). Поиск путей решения такого противоречия приводит к попыткам трансформации существующей экономической теории, ведет к ее дрейфу в сторону экологии.

Экологизация экономики на пути к ее устойчивому развитию включает следующие основные этапы:

– первый этап заключается в формировании эффективной экономики рационального природопользования или природоохранной экономики;

– следующий этап состоит в формировании широко сейчас обсуждаемой после «Рио+20» «зеленой экономики», которая ранее представлялась как экологическая экономика;

– и, наконец, этап действительно экономики устойчивого развития, в которой экономическая, экологическая и социальные системы представлены как равноправные, с учетом множественных взаимодействий и связей между ними.

Статья подготовлена при поддержке и в рамках гранта РФФИ № 17-06-00433.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Козловский Е. А. Минерально-сырьевые ресурсы в экономике мира и России // Горный журнал. – 2015. – № 7. – С. 47–52.
2. Об утверждении Стратегии развития черной металлургии России на 2014–2020 годы и на перспективу до 2030 года и Стратегии развития цветной металлургии России на 2014–2020 годы и на перспективу до 2030 года [Электронный ресурс] : приказ Минпромторга России от 05.05.2014 № 839. – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
3. Наталенко А. Е., Пак В. А., Ставский А. П. Основные направления развития минерально-сырьевой базы Российской Федерации // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. – 2015. – № 1 – С. 126–134.
4. Глазьев С. Ю. Мировой экономический кризис как процесс смены технологических укладов // Вопросы экономики. – 2009. – № 3. – С. 26–32.
5. Львов Д. С. Экономика развития. – М. : Экзамен, 2002. – 511 с.

6. Ассоциативные связи в сфере недропользования / Ю. В. Лебедев, К. В. Кокарев, С. А. Арефьев, В. Г. Крылов // Изв. вузов. Горный журнал. – 2017. – № 8. – С. 108–115.
7. Лебедев Ю. В., Ковалев Р. Н., Кокарев К. В. Технологическое прогнозирование инновационного развития недродобывающего сектора. – Екатеринбург : Изд-во Уральского гос. горного ун-та, 2018. – 222 с.
8. Штыров В. А. Арктика. Величие проекта // Завтра. – 2018. – № 5–7. – С. 6.
9. Болдырев Ю. Ю. Как избежать гражданской войны. – М. : Алгоритм, 2013. – 240 с.
10. Мировой рынок и технологии переработки редкоземельных металлов: современное состояние и перспективы / Т. И. Юшина, И. М. Петров, С. И. Гришаев, С. А. Черный // Горный журнал. – 2015. – № 2. – С. 59–64.
11. Василевская М. А., Хабаров В. В. Перспективы нефтегазоносности баженовской свиты Иртышско-Туртаской зоны юга Тюменской области // Материалы 14-й науч.-практ. конф. – Ханты-Мансийск, 2014. – С. 133–143.
12. Hotelling H. The Economics of Exhaustible Resources // Journ. Polit. Econ. – 1931. – Vol. 39. – P. 137–175.
13. Солоу Роберт М. Экономическая теория ресурсов или ресурсы экономической теории (лекция в честь Ригарод Т. Эли). Т. 3 / под ред. В. М. Гальперина. – СПб. : Экономическая школа, 2000. – 21 с.
14. Горшков В. Г. Физические и биологические основы устойчивости жизни. – М. : ВИНТИ, 1995. XXX VIII. – 472 с.
15. Борзаковский Б. А., Гринберг А. Я., Толмачёв Б. Н. Опыт ликвидации провала на земной поверхности над затопленным калийным рудником // Горный журнал. – 2012. – № 2. – С. 65–68.
16. Болдырев Ю. Женский «экстремизм» // Литературная газета. – 2019. – № 9.
17. Чернышев Н. М. Как защитить Хопер // АиФ – Черноземье. – 2012. – № 49.
18. Лебедев Ю. В. Экологически устойчивое развитие территорий: патриотический взгляд советского человека. – Екатеринбург, 2017. – 472 с.
19. Подиновский В. В., Гаврилов В. М. Оптимизация по последовательно применяемым критериям. – М.: Ленанд, 2016. – 192 с.
20. Каплунов Д. Р. Теоретические основы проектирования освоения недр: становление и развитие // Горный журнал. – 2014. – № 7. – С. 49–53.
21. Mawby Maurice R. W. J. Australasian mining and metallurgical operating practices. The Sir Maurice Mawby Memorial. Vol. 2. – Carlton. Vic.: Australasian Institute of Mining and Metallurgy, 2013.
22. Dubinski J. Sustainable Development of Mining Mineral Resources // J. Sustain. Min. – 2013. – Vol. 12, № 1. – Pp. 1–6.
23. Трубецкой К. Н. Решение проблем экологически сбалансированного освоения месторождений открытыми геотехнологиями // Горный журнал. – 2018. – № 6. – С. 17–24.
24. Adibi N., Ataee-pour M., Rahmanpour M. Integration of sustainable development concepts in open pit mine design // J. Clean. Prod. – 2015. – Vol. 108. Part A. – Pp. 1037–1049.
25. Зубов В. П. Ресурсосберегающие технологии подземной разработки пластовых месторождений // Горный журнал. – 2017. – № 4. – С. 49–56.
26. Davis G. A., Newman A. M. Modern strategic mine planning [Electronic resource] // Proceedings of the Australian Mining Technology Conference, AuslMM. – Carlton, Australia, 2008. – P. 129–139. – Mode of access: http://inside.mines.edu/~gdavis/Papers/CRC_Mining_Conference_Paper.pdf (appeal date: 05.11.2015).
27. Erzurumlu S. S., Erzurumlu Y. O. Sustainable mining development with community using design thinking and multi-criteria decision analysis [Electronic resource] // Resources Policy. – 2015. – Vol. 46, Part 1. – Pp. 6–14. – Mode of access: <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2014.10.001>.

28. Talvivaara sotkamo mine – bioleaching of a polymetallic nickel ore in subarctic climate // *Nova Biogeotechnologica*. – 2010. – No. 1. – P. 7–14.

29. Перспективы отечественной геологоразведки: западный путь или собственная экономическая модель развития? / З. М. Назарова, В. А. Касьянов, А. Р. Калинин, А. С. Десяткин // *Горный журнал*. – 2018. – № 11. – С. 42–47.

30. Кубарев М. С., Стровский С. В., Балашенко В. В. Классификация техногенно-минеральных образований как условие управления отходами // *Изв. вузов. Горный журнал*. – 2017. – № 6. – С. 31–40.

31. Бархатов В. И., Добровольский И. П., Капкаев Ю. Ш. Рациональное использование природных ресурсов Челябинской области. – Челябинск : Изд-во ЧГУ, 2015. – 265 с.

32. Ведута Е. Н. Рационализация // *Завтра*. – 2018. – № 33.

33. Евтушенко С. Развитие или киберрабство? // *Завтра*. – 2019. – № 6.

Получено 25.04.2019

© Ю. В. Лебедев, Р. Н. Ковалев, Л. Н. Олейникова, 2019

MAIN DIRECTIONS OF INNOVATION DEVELOPMENT MINING COMPLEX

Yuri V. Lebedev

Ural State Mining University, 30, Kuibyshev St., Yekaterinburg, 620144, Russia, D. Sc., Professor, Department of Environmental Engineering, e-mail: taranova@ukr.net

Rudolf N. Kovalev

Ural State Forestry University, 37, Sibirsky Trakt, Yekaterinburg, 620032, Russia, D. Sc., Professor, e-mail: kir9624@yandex.ru

Larisa N. Oleynikova

Ural State Mining University, 30, Kuibyshev St., Yekaterinburg, 620144, Russia, D. Sc., Assistant, Department of Environmental Engineering, e-mail: nikolar07@mail.ru

In the consideration of the facilities of the mining complex there was used an approach which applied the interdisciplinary method based on accounting of the ecological, social, economic, technological factors. The «system of subsoil use» is considered as an aggregate of developed subsoil areas and industrial production. They are united by the flow of energy, substance and information between themselves, with civil society and with natural environment. There were considered two conditions for innovative development of mining complexes: formation of long-term motivation of subjects of economic activities and creation of long-term loan mechanisms. The main directions of innovative development of mining and industrial complexes are substantiated: the creation of new technologies for the extraction of minerals, advancing the world level in a number of studies, the development of public administration, the use of technogenic deposits and the restoration of damaged ecosystems, the digitization of subsoil processes, and the involvement of society in the organization of subsoil use.

Key words: mining complex, subsoil use system, innovative development, new technologies, world level, state management, minimization of environmental violations, technogenic deposits, digitalization.

REFERENCES

1. Kozlovskiy, E. A. (2015). Natural resources in the economy of Russia and in the world. *Gornyy zhurnal [Gornyi Zhurnal]*, 7, 47–52 [in Russian].

2. Order of the Ministry of Industry and Trade of the Russian Federation dated May 5, 2014 No. 839. Approval of the *Strategy for the Development of ferrous metals industries* for 2014–2020 and for the future until 2030. Approval of the *Strategy for the Development of non-ferrous metals industries* for 2014–2020 and for the future until 2030. Retrieved from ConsultantPlus online database [in Russian].
3. Natalenko, A. E., Pak, V. A., & Stavskiy, A. P. (2015). The basic directions of development of the mineral-raw-material base of the Russian Federation. *Mineral'nye resursy Rossii. Ekonomika i upravlenie [Mineral Resources of Russia. Economics and Management]*, 1, 126–134.
4. Glaziev, S. Yu. (2009). World economic crisis as a process of substitution of technological modes. *Voprosy Ekonomiki [Voprosy Ekonomiki]*, 3, 26–38 [in Russian].
5. L'vov, D. S. (2002). *Ekonomika razvitiya [Development economics]*. Moscow: Ekzamen Publ., 511 p. [in Russian].
6. Lebedev, Yu. V., Kokarev, K. V., Arefev, S. A., & Krylov, V. G. (2017). Associative links in the field of subsoil use. *Izvestiya vuzov. Gornyy zhurnal [News of the Higher Institutions. Mining Journal]*, 8, 108–115 [in Russian].
7. Lebedev, Yu. V., Kovalev, R. N., & Kokarev, K. V. (2018). *Tekhnologicheskoe prognozirovanie innovatsionnogo razvitiya nedrodobyvayushchego sektora [technological forecasting of the innovative development of the subsoil mining sector]*. Ekaterinburg: UGGU Publ., 222 p. [in Russian].
8. Shtyrov, V. A. (2018). Arctic. Greatness of the project. *Zavtra [Tomorrow]*, No. 5-7, P. 6 [in Russian].
9. Boldyrev, Yu. Yu. (2013). *Kak izbezhat' grazhdanskoj vojny [How to avoid civil war]*. Moscow: Algoritm Publ., 240 p. [in Russian].
10. Yushina, T. I., Petrov, I. M., Grishaev, S. I., & Chernyy, S. A. (2015). International rare earth metals market and processing technologies: State-of-the-art and future prospects. *Izvestiya vuzov. Gornyy zhurnal [News of the Higher Institutions. Mining Journal]*, 2, 59–64 [in Russian].
11. Vasilevskaya, M. A., & Khabarov, V. V. (2014). Oil and gas potential of Bazhenov formation of Irtysh-Turtass zone of the south of the Tyumen region. In *Sbornik materialov Mezhdunarodnoy nauchno-metodicheskoy konferentsii [Proceedings of International Scientific and Practical Conference]* (pp. 133–143). Khanty-Mansiysk [in Russian].
12. Hotelling, H. (1931). The Economics of Exhaustible Resources. *Journ. Polit. Econ.*, 39, 137–175.
13. Sollou, R. M. (2000). *Ekonomicheskaya teoriya resursov ili resursy ekonomicheskoy teorii (leksiya v chest' Rigarod T. Eli): T. 3 [The economics of resources or the resources of economic. Srichard T. Ely lecture: Vols. 3]*. V. M. Gal'perin (Ed.). St. Petersburg: Ekonomicheskaya shkola Publ., 21 p. [in Russian].
14. Gorshkov, V. G. (1995). *Fizicheskie i biologicheskie osnovy ustoychivosti zhizni: T. XXX VIII [Physical and biological foundation of the life sustainability: Vols. XXX VIII]*. Moscow: VINITI Publ., 472 p. [in Russian].
15. Borzakovskiy, B. A., Grinberg A. Ya., & Tolmachev B. N. (2012). Experiences of liquidation of failure in earth's surface over a flooded potassium mine. *Izvestiya vuzov. Gornyy zhurnal [News of the Higher Institutions. Mining Journal]*, 2, 65–68 [in Russian].
16. Boldyrev, Yu. Yu. (2019). Women's «extremism». *Literaturnaya gazeta [Literary newspaper]*, No. 9 [in Russian].
17. Chernyshev, N. M. (2012). How to protect Hopper. *AiF-Chernozem'e [AiF- Chernozem region]*, No. 49 [in Russian].
18. Lebedev, Yu. V. (2017). *Ekologicheskii ustoychivoe razvitie territoriy: patrioticheskij vzglyad sovetskogo cheloveka [Environmentally sustainable development of territories: patriotic soviet look]*. Ekaterinburg, 472 p. [in Russian].

19. Podinovskiy, V. V., & Gavrilov, V. M. (2016). *Optimizatsiya po posledovatel'no primenyaemym kriteriyam [Optimization on consistently applied criteria]*. Moscow: Lenand, 192 p. [in Russian].
20. Kaplunov, D. R. (2014). Theory basis of designing of subsoil mastering: formation and development. *Izvestiya vuzov. Gornyy zhurnal [News of the Higher Institutions. Mining Journal]*, 7, 49–53 [in Russian].
21. Mawby, Maurice R. W. J. (2013). *Australasian mining and metallurgical operating practices. The Sir Maurice Mawby Memorial. Vol. 2*. Carlton. Vic.: Australasian Institute of Mining and Metallurgy Publ.
22. Dubinski, J. (2013). Sustainable Development of Mining Mineral Resources. *Sustain. Min.* 12(1), 1–6.
23. Trubetskoy, K. N. (2018). Addressing the challenges of *environmentally balanced mining of ground-based geotechnology*. *Izvestiya vuzov. Gornyy zhurnal [News of the Higher Institutions. Mining Journal]*, 6, 17–24 [in Russian].
24. Adibi, N., Ataee-pour, M., & Rahmanpour, M. (2015). Integration of sustainable development concepts in open pit mine design. *J. Clean. Prod.*, 108, Part A, 1037–1049.
25. Zubov, V. P. (2017). Resource-saving technologies of underground development of stratified deposit. *Izvestiya vuzov. Gornyy zhurnal [News of the Higher Institutions. Mining Journal]*, 4, 49–56 [in Russian].
26. Davis, G. A., & Newman, A. M. (2008). Modern strategic mine planning. In Proceedings of the Australian Mining Technology Conference, AusIMM (pp. 129–139). Carlton, Australia. Retrieved from http://inside.mines.edu/~gdavis/Papers/CRC_Mining_Conference_Paper.pdf.
27. Erzurumlu, S. S., & Erzurumlu, Y. O. (2015). Sustainable mining development with community using design thinking and multi-criteria decision analysis. *Resources Policy*, 46(1), 6–14. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2014.10.001>
28. Talvivaara sotkamo mine – bioleaching of a polymetallic nickel ore in subarctic climate. (2010). *Nova Biogeotecnologica*, 1, 7–14.
29. Nazarova, Z. M., Kas'yanov, V. A., Kalinin, A. R., & Desyatkin, A. S. (2018). Prospects for geologic exploration in Russia: Western way or native development model? *Izvestiya vuzov. Gornyy zhurnal [News of the Higher Institutions. Mining Journal]*, 11, 42–47 [in Russian].
30. Kubarev, M. S., Strovskiy S. V., & Balashenko V. V. (2017). Classification of technogenic mineral formations as a condition of waste management. *Izvestiya vuzov. Gornyy zhurnal [News of the Higher Institutions. Mining Journal]*, 6, 31–40 [in Russian].
31. Barkhatov, V. I., Dobrovol'skiy, I. P., & Kapkaev, Yu. Sh. (2015). *Ratsional'noe ispol'zovanie prirodnykh resursov Chelyabinskoy oblasti [Rational use of natural resources of the Chelyabinsk region]*. Chelyabinsk: ChGU Publ., 265 p. [in Russian].
32. Veduta, E. N. (2018). Rationalization. *Zavtra [Tomorrow]*, No. 33 [in Russian].
33. Evtushenko, S. (2019). Development or cyber robbery? *Zavtra [Tomorrow]*, No. 6 [in Russian].

Received 25.04.2019

© Yu. V. Lebedev, R. N. Kovalev, L. N. Oleynikova, 2019