

Оригинальная статья / Original article

УДК 622.014

<http://dx.doi.org/10.21285/2541-9455-2017-40-4-98-111>

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ОСВОЕНИЯ ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ОТКРЫТЫМ СПОСОБОМ ВО ВРЕМЕНИ НА ОСНОВЕ РЕСУРСНОГО ПОДХОДА

© Д.В. Орешкин^а, А.Н. Прошляков^б

^{а,б}Институт проблем комплексного освоения недр им. академика Н.В. Мельникова РАН,
Российская Федерация, 111020, г. Москва, Крюковский тупик, 4.

РЕЗЮМЕ. Введение. Экологические проблемы горнопромышленных регионов Российской Федерации, где ведется добыча железной руды открытым способом и ее переработка, имеют государственное значение. При этом повышается негативная нагрузка на окружающую среду, отчуждаются территории карьеров, нарушаются природные ландшафты, почвы биосферы, режимы элементов гидросферы, увеличиваются глубины карьеров, транспортные пути, потребление энергетических, водных, материальных и др. ресурсов, копятся техногенные отходы. В настоящий момент отсутствует методика экологической оценки, связывающая указанные факторы. **Цель.** Разработка научной методики оценки опасностей, возникающих при изменении экологических параметров в период жизненного цикла железорудных месторождений при открытом способе добычи с начала их освоения и по количеству потребленных из недр ресурсов в зависимости от глубины карьеров. **Методы.** Разработана блок-схема проведения исследований. На основе детерминированного метода получены данные потребленных ресурсов в 1990–2014 гг. по двум карьерам Курской магнитной аномалии для дальнейшей оценки экологических параметров. **Результаты.** Предложена научная методика, позволяющая комплексно оценить опасности изменения экологических параметров с начала освоения месторождений, потребленных из недр ресурсов (сырой руды, откачанной воды и др.) в зависимости от глубины карьеров, а также методика использования вскрышных пород и техногенных отходов в производстве строительных материалов и изделий.

Ключевые слова: железорудные месторождения, освоение открытым способом, методика экологической оценки, ресурсный подход.

Формат цитирования: Орешкин Д.В., Прошляков А.Н. Оценка экологических параметров освоения железорудных месторождений открытым способом во времени на основе ресурсного подхода // Известия Сибирского отделения Секции наук о Земле Российской академии естественных наук. Геология, разведка и разработка месторождений полезных ископаемых. 2017. Т. 40. № 4. С. 98–111. DOI: 10.21285/2541-9455-2017-40-4-98-111

ASSESSMENT OF ECOLOGICAL PARAMETERS OF IRON ORE DEPOSIT OPEN-CAST MINING IN TIME BASED ON THE RESOURCE APPROACH

D.V. Oreshkin, A.N. Proshlyakov

Research Institute of Comprehensive Exploitation of Mineral Resources RAS
named after the Academician N.V. Melnikov,
4 Kryukovsky tupik, Moscow 111020, Russian Federation

ABSTRACT. Introduction. Environmental problems of the mining regions of the Russian Federation where iron ore is produced using open-cast mining and processed are of national importance. This type of mining increases

^аОрешкин Дмитрий Владимирович, доктор технических наук, профессор, ведущий научный сотрудник отдела горной экологии, e-mail: dmitrii_oreshkin@mail.ru

Dmitry V. Oreshkin, Doctor of technical sciences, Professor, Leading Researcher of the Department of Mining Ecology, e-mail: dmitrii_oreshkin@mail.ru

^бПрошляков Алексей Николаевич, научный сотрудник отдела горной экологии, e-mail: prosh2000@mail.ru
Aleksei N. Proshlyakov, Researcher of the Department of Mining Ecology, e-mail: prosh2000@mail.ru

the negative impact on the environment, alienates the open cast territories; destroys natural landscapes, biosphere soils, hydrosphere element regimes; deepens pits; elongates transport ways; increases the consumption of energy, water, material and other resources as well as accumulates man-made wastes. Today there is no environmental assessment methodology that would link all the factors mentioned above. The **purpose** of this paper is development of a scientific methodology assessing the hazards arising when changing environmental parameters during the life cycle of iron ore deposits under open cast mining from the beginning of their development and by the amount of the consumed resources depending on the pit depth. **Methods.** A research flowchart has been developed. The deterministic method allowed to receive the data on the resources consumed in the period from 1990 to 2014 by two open pits of the Kursk magnetic anomaly for further assessment of environmental parameters. **Results.** The article proposes a scientific methodology enabling comprehensive assessment of the hazards associated with the environmental parameter change from the beginning of deposit development, consumed resources (crude ore, pumped out water, etc.) depending on the pit depth. It also presents a methodology of using overburden and technogenic wastes in the production of building materials and products.

Keywords: iron ore deposits, open cast mining, environmental assessment methodology, resource approach

For citation: Oreshkin D.V., Proshlyakov A.N. Assessment of ecological parameters of iron ore deposit open-cast mining in time based on the resource approach. Proceedings of the Siberian Department of the Section of Earth Sciences of the Russian Academy of Natural Sciences. Geology, Exploration and Development of Mineral Deposits, 2017, vol. 40, no. 4, pp. 98–111. (In Russian). DOI: 10.21285/2541-9455-2017-40-4-98-111

Введение

Президент Российской Федерации В.В. Путин в выступлении перед Федеральным собранием в 2016 г. отметил серьезность экологических проблем для России. Дальнейшее их обсуждение продолжилось на заседании Государственного совета в 2017 г. После этого экологические проблемы регионов приобрели государственное значение.

К сожалению, уже на рубеже XX и XXI вв. возникло несоответствие между потребностью мирового сообщества в минеральных ресурсах и возможностью литосферы их обеспечить. Более того, разрабатываемые в настоящий момент месторождения имеют конечные пределы, а объемы геологоразведки новых запасов уменьшились в несколько раз по сравнению с советским периодом. Правда, в последние годы отставание начало немного сокращаться. Положение усугубляется отдаленностью месторождений полезных ископаемых в связи с вовлечением объектов труднодоступных регионов севера Западной и Восточной Сибири, Крайнего Севера, Дальнего Востока, островов и шельфа Северного Ледовитого океана. Увеличение глубины

рудников и карьеров при подземном и открытом способах добычи на разрабатываемых месторождениях, а также протяженности горных выработок приводит к снижению рентабельности и даже к убыточности горных предприятий.

Кроме того, территории карьеров исключены из хозяйственного оборота и нарушают природные ландшафты, биосферу (как минимум почвенный слой), режимы составляющих элементов гидросферы, то есть экологию окружающей среды. Самый печальный вывод заключается в том, что чаще всего любое улучшение жизненного уровня и рост промышленного производства истощает недра Земли за счет потребления минеральных ресурсов (водных, рудных и др.).

Таким образом, для сохранения экологического равновесия регионов необходимо комплексное освоение недр на всех месторождениях, использование в промышленном производстве техногенных отходов, повышение качества потребления и переработки ресурсов. Научные работы по комплексному освоению недр Земли на основе ресурсного подхода разработаны в ИПКОН РАН в работах [1–13]. Более того, анализ с после-

дующим научным обоснованием опасностей, которые возникают при изменении экологических параметров в период освоения месторождений открытым способом, необходим для конкретизации исследований. Наиболее правильным представляется путь с использованием ресурсного подхода в период освоения месторождений или их жизненных циклов. Поэтому на первом этапе требуется сбор научно-технической информации по ресурсам, опасностям, то есть негативным или вредным нагрузкам на окружающую среду при освоении месторождений во времени. Началом жизненного цикла любого месторождения следует считать старт первых геологоразведочных работ, а концом – полную ликвидацию горного предприятия, которая должна обеспечить экологическую безопасность региона.

По мнению авторов работ [1–13], результатом освоения любого месторождения являются количественные и экономические показатели: объемы добычи, освоенные финансовые средства, себестоимость конечного продукта и т. п. С другой стороны, по мнению Н.Н. Чаплыгина, В.И. Папичева, Ю.П. Галченко, А.Н. Прошлякова и др. [3–7], ресурсный подход позволяет обосновано оценить качество освоения месторождений, в том числе и открытым способом. Данной экологической проблеме посвящены также работы [3–8, 14–17].

Целью статьи является разработка научной методики оценки экологических параметров в период освоения железорудных месторождений (их жизненного цикла) открытым способом с использованием ресурсного подхода и в зависимости от глубины карьеров.

Для реализации цели статьи была предложена научная идея: существующие научные методики ресурсного подхода суммируют все виды ресурсов (минеральных, энергетических, включая

трудовые, материально-технические, финансовые и др.). Предполагается оценить опасности, возникающие при изменении экологических параметров, в период жизненного цикла месторождений при открытом способе их освоения детерминированным методом, начиная с 1960 г., по количеству потребленных из недр ресурсов (сырой руды, откачанной воды и др.) в зависимости от глубины карьеров с переходом к вероятностной многофакторной оценке опасности изменения экологических параметров.

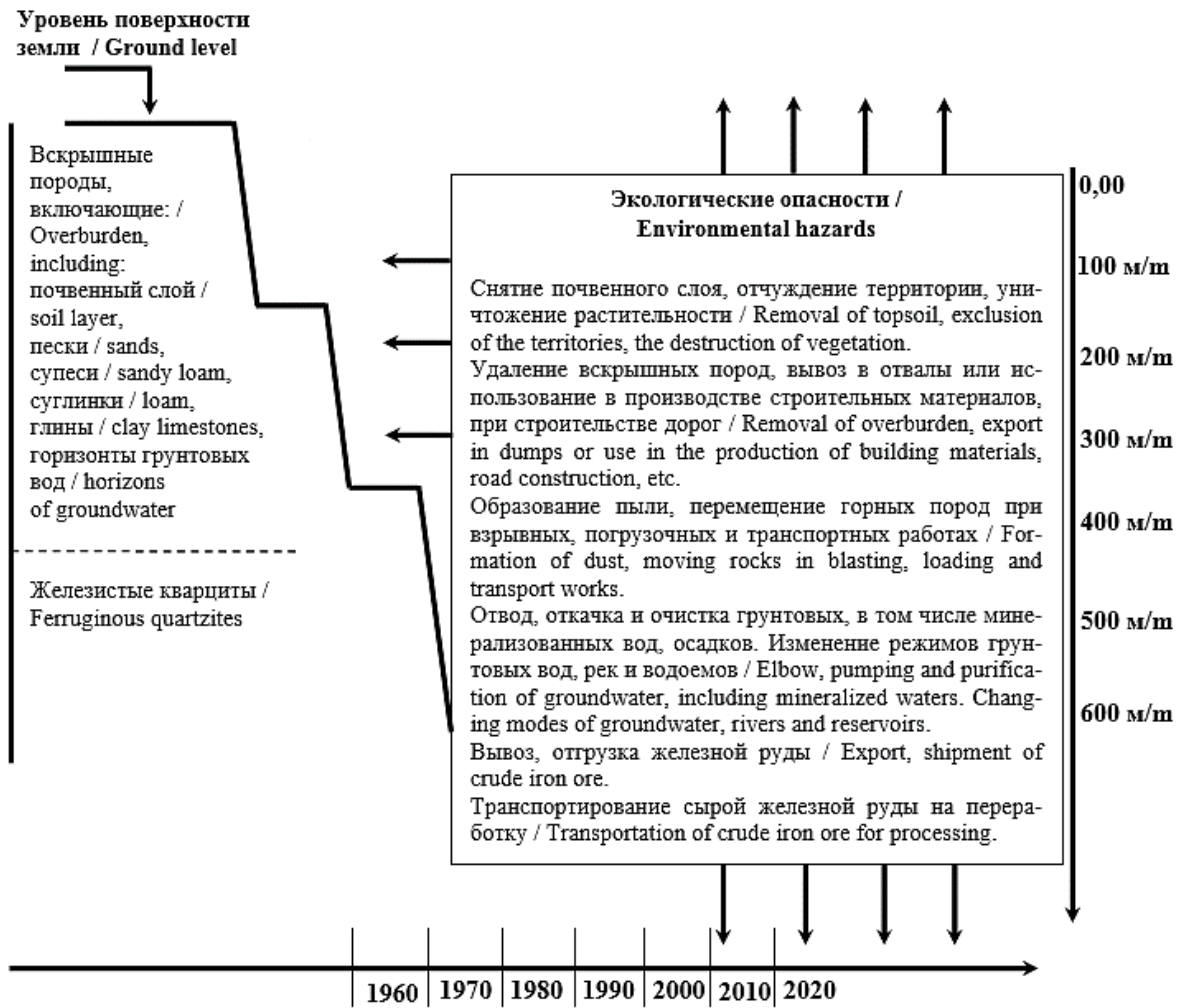
Методы исследований

Для разработки научной методики оценки экологических параметров объектом исследования были выбраны железорудные месторождения при их освоении открытым способом. Предметом исследования определены опасности изменения экологических параметров освоения месторождений открытым способом во время их жизненного цикла с использованием ресурсного подхода.

Была разработана блок-схема проведения исследований на основе детерминированного метода оценки потребленных ресурсов по годам с возможным переходом к вероятностной многофакторной интерпретации опасности изменения экологических параметров. Блок-схема исследований представлена на рисунке.

Для достижения окончательной цели исследований по разработке научной методики оценки опасностей при комплексном освоении месторождений открытым способом в течение их жизненного цикла с учетом глубины карьера необходимо провести следующие исследования:

– провести анализ современных экологических исследований освоения месторождений полезных ископаемых открытым способом в США, Канаде, Австралии, Индии, Китае и других странах с использованием ресурсного подхода во времени;



**Блок-схема исследований
Research flowchart**

– на основании приведенной на рисунке блок-схемы работ провести сбор данных для создания программы оценки изменения экологической опасности во время жизненного цикла месторождений, начиная со дня открытия железорудных карьеров; детерминированным методом – сбор данных по количеству потребленных из недр ресурсов в виде сырой руды, откачанной воды в зависимости от глубины карьеров, начиная с 1960 г. через каждые 5 лет; обоснование возможности получения новых экологических параметров;

– разработать комплексный многофакторный экологический параметр

оценки опасности и т. д. при потреблении гидроресурсов, сырой руды из недр от пыли, образующейся при взрывных работах;

– оценить новые экологические параметры на основе ресурсного подхода;

– рассчитать изменения экологической опасности освоения месторождений открытым способом; апробировать разработанную программу с выполнением тестовых расчетов.

– проанализировать результаты, оценить изменения опасности эксплуатации рудных карьеров за весь срок работы;

– разработать основные положения предлагаемой методики оценки опасностей, возникающих при изменении экологических параметров в период жизненного цикла железорудных месторождений при открытом способе добычи с начала их освоения, по количеству потребленных из недр ресурсов в зависимости от глубины карьеров.

На практике при оценке различных экологических проблем используют актуализированные с международными нормами: ГОСТ Р ИСО 14040-2010 «Экологический менеджмент. Оценка жизненного цикла. Принципы и структура» и ГОСТ Р ИСО 14050-2009 «Менеджмент окружающей среды».

В частности, при использовании ресурсного подхода для оценки количества потребленных из недр сырой руды и откачанной воды при различных глубинах карьеров, а также опасностей от разработки карьеров для атмосферы, гидросферы и биосферы эффективно применять инвентаризационный и классификационный анализы. Инвентаризационный анализ определит количества потребленных из недр и затраченных при добыче ресурсов и другие показатели. По классификационному анализу определяется экологическая опасность пыли, откачанной из карьеров воды, вредных веществ в ее составе и в отходах, перевозимых (перемещаемых) в отвалы, хвостохранилища, а также уровень опасности отходов по Федеральному классификационному каталогу отходов. Для отходов в отвалах, хвостохранилищах, а также в воде необходимо определение их вещественного, минерального и химического составов, физико-технических свойств, рентгенофазового и микроструктурного анализов. Для твердых отходов требуется знание гранулометрического состава.

Результаты исследований

Были получены исходные данные для инвентаризационного анализа по АО

«Михайловский ГОК», расположенному в г. Железногорске Курской области, и по ОАО «Лебединский ГОК», находящемуся в г. Губкине Белгородской области. Исследования включают период с 1990 по 2014 гг.

Известно, что освоение железорудных месторождений открытым способом связано со сложными гидрогеологическими условиями. Требуется проведение масштабных работ по инженерной подготовке территорий. Такие работы вызывают нарушение гидрогеологического режима поверхностных и подземных вод окружающих территорий. С одной стороны, строительство и эксплуатация мощной дренажной системы карьеров приводит к загрязнению поверхностной гидросистемы (рек, озер, прудов), что оказывает значительное негативное влияние на окружающую среду, сети. С другой стороны, комплекс подземных дренажных сооружений является основой водоотведения, водопонижения и гидрозащиты карьера.

Исходные данные по Лебединскому горно-обогатительному комбинату приведены в табл. 1. К примеру, работы по сооружению дренажных систем Михайловского и Лебединского карьеров были начаты в 1956 г., а сами месторождения запущены в эксплуатацию были лишь в 1960 г. В период строительства и в первые два года эксплуатации осушение карьеров осуществлялось открытым водоотливом и скважинами. Но уже в мае 1960 г. колебание уровня подземных вод стало незначительным. Это произошло за счет завершения процесса откачки статических запасов подземных вод. А режим фильтрации воды горными породами практически стабилизировался. Процесс водопонижения с того периода считается эксплуатационным. Однако строительство второй и третьей очереди дренажных систем продолжалось до конца 1970-х гг.

Таблица 1

Исходные данные по Лебединскому горно-обогатительному комбинату

Table 1

Input data for mining and concentrating mill

Показатель по годам. / Indicator, measurement units	1990–1994	1995–1999	2000–2004	2005–2009	2010–2014
Добыча сырой руды, млн т / Crude ore production, mln tons	43,65–35,6	42,67–43	44,9–47,6	48,9–38,6	47,4–49,1
Ежегодный объем откачанной воды, млн м ³ / Annual volume of pumped out water, mln m ³	292–214	256–288	269–319	327–232	284–329
Объем вскрыши, млн м ³ / Volume of stripping, mln m ³	19,52–17,9	16,8–15	14,8–20,4	20,6–16,2	20,7–19,9
Добыча горной массы / Extraction of mining mass:					
– всего, млн м ³ / total, mln m ³	31,95–28,3	29,3–27,8	27,9–34,4	34,9–27,5	34,6–34,4
– в т. ч. скальной, млн м ³ / including rocks, mln m ³	18,1–6,45	18,4–18,7	19,8–22,7	23,7–21,3	24,3–26,2
Глубина карьера, м / Pit depth, m	265–282	285–320	330–347	347–360	360–412
Производство товарной руды / Production of saleable ore:					
– всего, млн т / total, mln tons	17,9–14,1	16,9–17	18,2–20,1	20,6–18,2	16–20,5
– в т. ч. концентрат, млн т / Including concentrate, mln tons	17,9–14,1	–	–	–	–
Производство товарной продукции / Production of saleable output					
Концентрат, млн т / Concentrate, mln tons	7,34–3,94	5,3–6,5	5,48–5,88	5,82–5,48	3,5–4,19
Окатыши, млн т / Pellets, mln tons	–	–	8,5–8,1	8,56–8,5	4,27–5,39
Окатыши неофлюсованные, млн т / Non-fluxed pellets, mln tons	9,12–6,68	7,81–6,8	8,28–7,65	8–8,28	4,26–5,16
Брикеты железной руды, млн т / Iron ore briquettes, mln tons	–	–	0,02–1	0,94–0,02	2,16–2,41

Глубина Лебединского карьера в 2016 г. достигла 450 м. Размеры карьера по замкнутому контуру составляют 4000 × 5000 м или 20 км². По глубине он может претендовать на занесение в книгу рекордов Гиннеса.

Исходные данные по Михайловскому горно-обогатительному комбинату приведены в табл. 2.

При анализе данных с 1990 г. было установлено, что на Михайловском горно-обогатительном комбинате содержание железа в добытой руде колеблется в небольших пределах: для богатой руды – от 50,86 до 53,9 %; для бедной руды – от 39,13 до 42 %.

Потери по добытой руде составили: для богатой руды – от 0,6 до 6,04 %; для бедной руды – от 0,4 до 3,48 %.

Таблица 2

Исходные данные по Михайловскому горно-обогатительному комбинату

Table 2

Input data for Mikhailovsky mining and concentrating mill

Показатель по годам. / Indicator, measurement units	1990–1994	1995–1999	2000–2004	2005–2009	2010–2014
Добыча сырой руды, млн т / Crude ore production, mln tons	39,4–41,62	34,4–28,7	34,4–34,4	34,4–46,5	46,5–46,5
Ежегодный объем откачанной воды, млн м ³ / Annual volume of pumped out water, mln m ³	236–279	230–172	210–230	210–311	280–311
Глубина карьера*, м / Pit depth*, m	195–205	210–255	265–310	315–341	350
Размеры: ширина × длина, м / Dimensions: width × length, m	–	–	2500 × 5300	2600 × 5900	2600 × 5900
Объем выработанного пространства за 1 год, млн м ³ / Volume of goaf per year, mln m ³	–	–	27,56–33,9	33–19,2	38,6–39,7
Объем отвалов пустых пород за 1 год, млн м ³ / Volume of waste dumps per 1 year, mln m ³	–	–	158,7–18,2	20,1–11,3	12,5–11,5
Объем хвостохранилища за 1 год, млн м ³ / Volume of tailing dump per 1 year, mln m ³	–	–	26,45–44,3	54–44	40,5–38,4
Нарушено земель / Disturbed lands: – всего, га / total, ha – в т. ч. за 1 год, га / including during 1 year, ha	– –	– –	6256,5–6338,6 7,95–32,5	6342,2–6371,7 23,8–13,4	6377,3–6476,3 5,6–39,7
Отработано всего, га / Worked out total, ha	–	–	138,1–108,1	72,1–22,1	22,1 (2010)
Рекультивировано / Reclaimed: – всего, га / total, ha – в т. ч. за 1 год, га / Including per 1 year, ha	– –	– –	1108,01–1123,9 30–15,8	1144–1194 20,2–20	1216,1 (2010) 22,1 (2010)
Объем вскрыши, млн м ³ / Volume of stripping, mln m ³	26,5–12,1	12,7–16,2	16,45–21,1	21,7–25,3	28,4–26
Добыча горной массы, / Extraction of mining mass: – всего, млн м ³ / total, mln m ³ – в т. ч. скальной, млн м ³ / including rocks, mln m ³	37–20 15,1–11	20,1–27,3 11,2–16,2	27,5–32,9 16,9–22,9	33–38,5 22,9–25,9	40,6–39,7 18–28,1
Производство товарной руды, млн т / Production of saleable ore, mln tons – всего, млн т / total, mln tons – в т. ч. концентрат, млн т / including concentrate, mln tons	19,6–12,2 10,98–7,3	11,74–17 7,73–14	17,5–19,2 14,28–16,6	16,9–15,7 15,2–13,8	17–18,24 15,3–16,7

**Экологические проблемы разведки, разработки месторождений
полезных ископаемых и охрана труда**

Environmental Problems of Mineral Deposit Exploration, Development and Labor Safety

Производство товарной продукции / Production of saleable output					
Аглолюда (необогатенная руда), млн т / Sintering ore (crude ore), mln tons	8,58–4,01	3,74–2,5	2,3–1,74	1,83–0,89	1,11–0,88
Концентрат, млн т / Concentrate, mln tons	4,05–8,8	9,89–5,4	5,3–6,21	5,1–3,4	3,58–4,9
Окатыши офлюсованные, млн т / Fluxed pellets, mln tons	6,51–6,2	6,11–7,5	7,75–8,81	8,51–8,47	9,7–9,93

Примечание. * – глубина карьера по замкнутому контуру, м.
Note. * – pit depth about a closed contour, m.

Засорение было: по богатой руде – от 6,1 до 17,8 %; по бедной руде – от 1,21 до 6,4 %.

В настоящий момент Лебединский и Михайловский подземно-дренажные участки ежегодно откачивают от 210 до 329 млн м³ сточных вод. Такие воды включают вредные вещества в значительных количествах, поэтому необходима их очистка. По данным В.И. Папичева и А.Н. Прошлякова, потребление воды на 1 т добычи сырой руды составляет: на Лебединском (Белгородская область) и Михайловском (Курская область) карьерах от 6,5 до 6,7 м³; на Ирбинском карьере (Красноярский край) – около 7,4 м³; на Краснокаменском карьере (Забайкальский край) – около 9,6 м³; на Тейском карьере (Республика Хакасия) – около 5,1 м³. Следует отметить, что, во-первых, по годам потребление воды из недр в карьерах может изменяться, во-вторых, это количество зависит от объема выработанного пространства, объемов вскрышных пород и горной массы и, соответственно, от добычи руды, климатических условий.

Глубина Михайловского карьера в 2014 г. достигла 350 м. По состоянию на 2016 г. длина карьера равна около 6000 м, ширина – около 4000 м, а глубина превысила 380 м.

Для обеспечения в регионах экологической безопасности и комплексного освоения недр на территории всех месторождений необходимо:

– экологически оценить негативные воздействия на окружающую среду глубин карьеров, их размеров, объемов выработанного пространства, площадей и объемов отвалов пустых пород, хвостохранилищ, нарушенных земель, объемов вскрышных пород, горной массы, скальных пород и др.;

– учесть потребление ресурсов (сырой руды, объемов откачанной воды, всех видов энергии, топлива и др.);

– повысить качество переработки полезных ископаемых при производстве готовой продукции (товарного горячбрикетированного железа: одного из видов прямовосстановленного железа, неофлюсованных и офлюсованных окатышей, железорудного концентрата и аглоруды);

– использовать в промышленном производстве техногенные отходы (из вскрышных пород, хвостохранилищ и др.);

– сократить площади и объемы отвалов пустых пород, хвостохранилищ, нарушенных и отчужденных земель;

– увеличить рекультивированные площади и др.;

– улучшить качество очистки сточных вод из подземно-дренажных систем горнодобывающих комплексов.

Известно, что экологические и геоэкологические проблемы любых территорий определяются природным состоянием окружающей среды, климатом, результатами вмешательства человека в

ее функционирование. Это непосредственно относится и к освоению железорудных месторождений открытым способом. На этих территориях образовались серьезные экологические проблемы и требуются работы по восстановлению нарушенных земель [18–20].

При разработке карьеров открытым способом образуется большое количество техногенных отходов в виде вскрышных пород (см. табл. 1 и 2). Так, на Михайловском карьере объем вывезенных вскрышных пород, начиная с 2005 г., составляет 21–28 млн м³, объем отвалов пустых пород за 1 год – от 12 до 20 млн м³. На Лебединском карьере объем вывезенных вскрышных пород находится в пределах от 16 до 20 млн м³. На этих месторождениях вскрышные породы состоят из песка, глины, известняка, гранита, суглинков, супесей и др. Эти нерудные полезные ископаемые можно использовать для производства строительных материалов с получением существенного экологического эффекта за счет сокращения отвалов и снижения негативной нагрузки на окружающую среду нескольких областей Российской Федерации [18, 19].

С одной стороны, некоторые компоненты вскрышных пород, например известняки и глины, можно использовать при производстве неофлюсованных и офлюсованных окатышей, а также в строительстве. С другой стороны, для экологически безопасного применения при строительных работах новых материалов и изделий на основе техногенных отходов из вскрышных пород требуется изучение, во-первых, состава, структуры и свойств самих пород и отходов, во-вторых, готовых материалов и изделий на их основе [18, 19].

Жизненный цикл строительных материалов и изделий стартует с момента добычи нерудного, рудного и другого сырья для их производства. Техногенные

отходы тоже относятся к особому виду сырья.

В процессе инвентаризационного и классификационного анализов указанные виды сырья из вскрышных пород подвергаются определению химического, минерального, вещественного и гранулометрического составов. Это происходит для выявления возможности использования таких отходов для получения соответствующих техническим нормам строительных материалов и изделий. С экономической точки зрения для этого выгодно использовать существующие технологические линии и технологии. Такая оценка количественно определит элементы, минералы, вещества, в том числе и вредные, входящие в состав техногенных отходов из вскрышных пород. Этот подход позволит выбрать пути и технологии обезвреживания, обогащения, капсуляции вредных веществ и т. п. После получения строительных материалов и изделий на основе техногенных отходов из вскрышных пород требуется определить соответствие сырьевых компонентов и изделий нормативным документам для производства, например, строительных растворов, бетонов, гипса, цементов, керамических и силикатных кирпичей и камней, железобетонных конструкций, тепло- и звукоизоляционных материалов, стекла, керамических плиток, красок, линолеума и других отделочных материалов. При этом свойства материалов и изделий на основе техногенных отходов из вскрышных пород должны соответствовать государственным стандартам или другим нормативным документам.

Основные положения методики можно представить в виде:

- экологической оценки негативного воздействия на окружающую среду количества вскрышных пород, а также занимаемых ими площадей в отвалах;
- нормативного количества проб вскрышных пород для анализов;

– проведения стандартных гранулометрических анализов сыпучих вскрышных пород;

– проведения микроструктурного, химического, рентгенофазового, минерального, вещественного, дифференциально-термического и других видов анализов отобранных проб вскрышных пород;

– идентификации полученных результатов;

– выбора номенклатуры строительного материала и технологии;

– определения возможности размещения вскрышных пород при производстве строительных материалов и изделий;

– проведения стандартных технических испытаний изделий;

– установления соответствия по ГОСТ, ASTM, EN или по другим нормам;

– проведения экологической оценки технологии производства, эксплуатации строительных материалов и изделий на основе вскрышных пород в конструкциях и сооружениях во времени;

– расчета экологической и экономической эффективности.

Аналогичный подход можно использовать для определения пригодности техногенных отходов из хвостохранилищ для производства строительных материалов и изделий.

Таким образом, реализация предложенной методики на железорудных месторождениях при их освоении открытым способом позволит обеспечить устойчивое развитие горнодобывающих регионов. Это также повысит экологическую и геоэкологическую безопасность территорий. Более того, комплексная экологическая оценка строительных материалов, изделий на основе вскрышных пород и технологии их производства включает изучение состава, структуры вскрышных пород, а также и определение стандартных технических свойств на всех этапах

жизненного цикла. Следовательно, такой подход повысит безопасность строительства и экологическую безопасность региона и человека. Использование вскрышных пород и техногенных отходов в производстве строительных материалов и изделий на их основе позволяет значительно снизить экологическую нагрузку на территории горнодобывающих комплексов. С другой стороны, такие технологии существенно расширяют сырьевую базу строительной индустрии и сокращают потребление минеральных ресурсов из недр Земли.

Заключение

1. На основании предложенной научной идеи разработана методика оценки экологических параметров в период жизненного цикла железорудных месторождений при открытом способе их освоения с использованием ресурсного подхода в зависимости от глубины разработки карьеров. Это позволит установить возможность определения оптимальной глубины карьеров с учетом суммарного потребления ресурсов.

2. Разработана блок-схема исследований опасностей для окружающей среды в период освоения железорудных месторождений открытым способом с использованием ресурсного подхода.

3. Получены детерминированные данные изменения глубин Лебединского и Михайловского карьеров, их площади, потребления из недр гидроресурсов, сырой руды, вскрышных пород и т. п. с 1990 по 2014 гг. Такие данные являются предпосылками к разработке вероятностной многофакторной экологической оценки территорий при комплексном освоении месторождений открытым способом в течение их жизненного цикла в зависимости от глубины карьера.

4. Предложен путь использования вскрышных пород и техногенных отходов в производстве строительных материа-

лов и изделий на их основе, который позволяет значительно снизить экологиче-

скую нагрузку на территории горнодобывающих комплексов.

Библиографический список

1. Чантурия В.А. Инновационные процессы в технологиях переработки минерального сырья сложного вещественного состава // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2009. Т. 15. № 12. С. 9–25.
2. Трубецкой К.Н. Развитие новых направлений в комплексном освоении недр. М.: Изд-во ИПКОН РАН, 1990. 11 с.
3. Чаплыгин Н.Н. Основания экологической теории комплексного освоения недр. М.: Изд-во ИПКОН РАН, 2006. 102 с.
4. Чаплыгин Н.Н., Галченко Ю.П., Папичев В.И., Жулковский Д.В., Сабянин Г.В., Прошляков А.Н. Экологические проблемы геотехнологий: новые идеи, методы и решения. М.: Научтехлитиздат, 2009. 320 с.
5. Папичев В.И., Прошляков А.Н. Об оценке техногенной нагрузки объектов горного производства на атмосферу прилегающих территорий // Экологические системы и приборы. № 2. 2000. С. 21–26.
6. Чаплыгин Н.Н., Папичев В.И. Горная экология в исследованиях ИПКОН РАН // Горный вестник. 1997. № 5. С. 86–92.
7. Чаплыгин Н.Н., Папичев В.И. О критериях оценки техногенной нагрузки на природную среду // Экология и промышленность России. Декабрь 2000. С. 38–41.
8. Трубецкой К.Н., Каплунов Д.Р., Чаплыгин Н.Н., Гаврилов В.В., Буянов М.И., Рубан А.Д., Клебанов Ф.С., Певзнер М.Е., Шищиц И.Ю. Проект концепции государственной стратегии обеспечения экологической безопасности освоения недр // Российская экологическая газета. Зеленый мир. 1999. Т. 99. № 16-17 (310-311). С. 16–18.
9. Каплунов Д.Р., Калмыков В.Н., Рыльникова М.В. Комбинированная геотехнология. М.: Руда и металлы. 2003. 560 с.
10. Каплунов Д.Р., Юков В.А. Геотехнология перехода от открытых к подземным горным работам. М.: Высшее горное образование. 2007. 267 с.
11. Трубецкой К.Н., Чантурия В.А., Каплунов Д.Р., Рыльникова М.В. Комплексное освоение месторождений и глубокая переработка минерального сырья. М.: Наука. 2010. 437 с.
12. Каплунов Д.Р., Рыльникова М.В. Комбинированная разработка рудных месторождений. М.: Горная книга, 2012. 344 с.
13. Анферов Б.А., Гоосен Е.В., Захаров В.Н., Каплунов Д.Р., Клишин В.И., Колеватова А.В., Конторович А.Э., Кузнецова Л.В., Нижегородцев Р.М., Никитенко С.М., Радченко Д.Н., Рыльникова М.В., Трубецкой К.Н., Чантурия В.А. Состояние и перспективы развития проектов государственно-частного партнерства в контексте комплексного освоения недр. Кемерово: Изд-во ООО «Сибирская издательская группа», 2015. 331 с.
14. Косолапов О.В. Типизация воздействий, оказываемых на окружающую среду при разработке месторождений полезных ископаемых // Известия Уральского государственного горного университета. 2014. № 2 (34). С. 54–60.
15. Бородин Е.М., Бородин К.Н., Бородин А.Н. Техногенная нагрузка на окружающую среду // Научно-методический электронный журнал «Концепт». 2016. Т. 11. С. 2236–2240 [Электронный ресурс]. URL: <http://e-koncept.ru/2016/86476.htm>

16. Грановская Н.В., Наставкин А.В., Мещанинов Ф.В. Техногенные месторождения полезных ископаемых. Ростов-на-Дону: Изд-во ЮФУ, 2013. 95 с.

17. Орлов В.П., Шевырев И.А., Соколов Н.А. Железные руды КМА. М.: Изд-во ЗАО «Геоинформмарк». 2001. 48 с.

18. Теличенко В.И., Орешкин Д.В. Материаловедческие аспекты геоэкологической и экологической безопасности в

строительстве // Экология урбанизированных территорий. 2015. № 2. С. 31–33.

19. Тупицына О.В. Комплексная геоэкологическая система исследования и восстановления техногенно-нарушенных территорий // Экология и промышленность России. 2011. № 3. С. 35–38.

20. Орешкин Д.В. Материаловедческие аспекты геоэкологической безопасности при строительстве скважин // Вестник МГСУ. 2009. № 2. С. 105–110.

References

1. Chanturiya V.A. Innovative processes in refinement technologies for raw materials of complex minerals. *Gornyy informatsionno-analiticheskij byulleten'* [Mining Informational and Analytical Bulletin (Scientific and Technical Journal)], 2009, vol. 15, no. 12, pp. 9–25. (In Russian).

2. Trubetskoi K.N. *Razvitie novykh napravlenii v kompleksnom osvoenii nedr* [Development of new directions in integrated development of mineral resources]. Moscow: Research Institute of Comprehensive Exploitation of Mineral Resources RAS Publ., 1990, 11 p.

3. Chaplygin N.N. *Osnovaniya ekologicheskoi teorii kompleksnogo osvoeniya nedr* [Foundations of the environmental theory of integrated development of mineral resources]. Moscow: Research Institute of Comprehensive Exploitation of Mineral Resources RAS Publ., 2006, 102 p.

4. Chaplygin N.N., Galchenko Ju. P., Papichev V.I., Zhulkovskii D.V., Sabyanin G.V., Proshlyakov A.N. *Ekologicheskie problemy geotekhnologii: novye idei, metody i resheniya* [Ecological problems of geotechnologies: new ideas, methods and solutions]. Moscow: Nauchtekhizdat Publ., 2009, 320 p.

5. Papichev V.I., Proshlyakov A.N. On evaluation of mining industry object technogenic load on the atmosphere of adjacent territories. *Ekologicheskie sistemy i pribory*

[Ecological systems and devices], 2000, no. 2, pp. 21–26. (In Russian).

6. Chaplygin N.N., Papichev V.I. Mining ecology in IPCON RAS researches. *Gornyy vestnik* [Mining Bulletin], 1997, no. 5, pp. 86–92. (In Russian).

7. Chaplygin N.N., Papichev V.I. On evaluation criteria of technogenic load on nature. *Ekologiya i promyshlennost' Rossii* [Ecology and industry of Russia], 2000, December, pp. 38–41. (In Russian).

8. Trubetskoi K.N., Kaplunov D.R., Chaplygin N.N., Gavrilov V.V., Buyanov M.I., Ruban A.D., Klebanov F.S., Pevzner M.E., Shishchits I.Ju. Draft concept of the State strategy to ensure environmental safety of mining mineral resources. *Rossiiskaya ekologicheskaya gazeta. Zelenyi mir* [Russian ecological newspaper. Green World], 1999, vol. 99, no. 16-17 (310-311), pp. 16–18. (In Russian).

9. Kaplunov D.R., Kalmykov V.N., Ryl'nikova M.V. *Kombinirovannaya geotekhnologiya* [Combined Geotechnology]. Moscow: Ruda i metalli Publ., 2003, 560 p.

10. Kaplunov D.R., Jukov V.A. *Geotekhnologiya perekhoda ot otkrytykh k podzemnym gornym rabotam* [Transition geotechnology from open pit to underground mining]. Moscow: Vysshee gornoe obrazovanie Publ., 2007, 267 p.

11. Trubetskoi K.N., Chanturiya V.A., Kaplunov D.R., Ryl'nikova M.V. *Kom-*

pleksnoe osvoenie mestorozhdenii i glubokaya pererabotka mineral'nogo syr'ya [Integrated development of fields and deep processing of mineral raw materials]. Moscow: Nauka Publ., 2010, 437 p.

12. Kaplunov D.R., Ryl'nikova M.V. *Kombinirovannaya razrabotka rudnykh mestorozhdenii* [Combined development of ore deposits]. Moscow: Gornaya kniga Publ., 2012, 344 p.

13. Anferov B.A., Goosen E.V., Zakharov V.N., Kaplunov D.R., Klishin V.I., Kolevatova A.V., Kontorovich A.E., Kuznetsova L.V., Nizhegorodtsev R.M., Nikitenko S.M., Radchenko D.N., Ryl'nikova M.V., Trubetskoi K.N., Chanturiya V.A. *Sostoyanie i perspektivy razvitiya proektov gosudarstvenno-chastnogo partnerstva v kontekste kompleksnogo osvoeniya nedr* [State and development prospects of public-private partnership in the context of integrated development of mineral resources]. Kemerovo: ООО "Sibirskaya izdatel'skaya grupa" Publ., 2015, 331 p.

14. Kosolapov O.V. Typification of environmental impacts when developing mineral deposits. *Izvestiya Ural'skogo gosudarstvennogo gornogo universiteta* [News of the Ural State Mining University], 2014, no. 2 (34), pp. 54–60. (In Russian).

15. Borodin E.M., Borodina K.N., Borodin A.N. Technogenic load on environ-

ment. *Nauchno-metodicheskii elektronnyi zhurnal "Kontsept"* [Scientific and methodical electronic journal "Concept"], 2016, vol. 11, pp. 2236–2240. Available at: <http://e-koncept.ru/2016/86476.htm> (In Russian).

16. Granovskaya N.V., Nastavkin A.V., Meshchaninov F.V. *Tekhnogennye mestorozhdeniya poleznykh iskopaemykh* [Technogenic deposits of mineral resources]. Rostov-on-Don: Southern Federal University Publ., 2013, 95 p.

17. Orlov V.P., Shevyrev I.A., Sokolov N.A. *Zheleznye rudy KMA* [Kursk magnetic anomaly iron ores]. Moscow: ZAO "Geoinformmark" Publ., 2001, 48 p.

18. Telichenko V.I., Oreshkin D.V. Material science aspects of geo-ecological and environmental safety in construction. *Ekologiya urbanizirovannykh territorii* [Ecology of urban areas]. 2015, no. 2, pp. 31–33. (In Russian).

19. Tupitsyna O.V. Integrated Geo-Ecological System of Investigation and Restoration of Man-Caused Disturbed Areas. *Ekologiya i promyshlennost' Rossii* [Ecology and industry of Russia], 2011, no. 3, pp. 35–38. (In Russian).

20. Oreshkin D.V. Materials science aspects of geoecological security during the construction of the wells. *Vestnik MGSU* [Vestnik MGSU], 2009, no. 2, pp. 105–110. (In Russian).

Критерии авторства

Орешкин Д.В. подготовил разделы статьи: резюме, введение, методы исследований, результаты исследований, заключение. Прошляков А.Н. подготовил разделы статьи: методы исследований, результаты исследований, заключение, а также осуществил перевод и подготовил литературный обзор. Авторы имеют равные авторские права и несут одинаковую ответственность за плагиат.

Authorship criteria

Oreshkin D.V. has prepared the following parts of the article: annotation, introduction, research methods, research results, conclusion. Proshlyakov A.N. has prepared the following parts of the article: research methods, research results, conclusion, as well as carried out the translation and prepared the literary review. The authors have equal copyrights and bear equal responsibility for plagiarism.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила 12.08.2017 г.

Conflict of interests

The authors declare that there is no conflict of interests regarding the publication of this article.

The article was received 12 August 2017