



**АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПО ОСВОЕНИЮ
БАКЧАРСКОГО ЖЕЛЕЗОРУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ**

В. И. Ческидов¹, В. Л. Гаврилов¹, А. В. Резник¹, Н. А. Немова^{1,2}

¹*Институт горного дела им. Н. А. Чинакала СО РАН,*

E-mail: cheskid@misd.nsc.ru, gvlugorsk@mail.ru,

Красный проспект 54, г. Новосибирск 630091, Россия

²*Сибирский государственный университет геосистем и технологий,*

E-mail: nemova-nataly@mail.ru, ул. Плеханова, 10, 630108, г. Новосибирск, Россия

Приведены результаты анализа публикаций, касающихся освоения Бакчарского месторождения оолитовых руд железа в Томской области. Отмечено, что при сравнительно простых горно-геологических условиях месторождение имеет повышенную обводненность, выступающую в качестве одного из решающих факторов при выборе способа его освоения. Отмечено, что по имеющимся предварительным оценкам месторождение рассматривается, как крупная перспективная сырьевая база для Западно-Сибирского металлургического комплекса. Показано, что для добычи руды признано возможным применение любого из известных способов разработки – открытого, подземного и их комбинаций, скважинной гидродобычи, обеспечивающих экологическую безопасность горного производства.

Железорудное месторождение, освоение, оолитовые руды, обводненность, способ разработки, экологическая безопасность

ANALYSIS OF PROCESS SOLUTIONS FOR MINING BAKCHARSKY IRON ORE DEPOSIT

V. I. Cheskidov¹, V. L. Gavrilo¹, A. V. Reznik¹, and N. A. Nemova^{1,2}

Chinakal Institute of Mining, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences,

E-mail: cheskid@misd.nsc.ru, gvlugorsk@mail.ru, Krasny pr. 54, Novosibirsk 630091, Russia

The publications concerning the development of the Bakcharsky deposit of oolitic iron ores in the Tomsk region are analyzed. It is noted that under relatively simple mining and geological conditions, the deposit has an increased degree of water encroachment, which is one of the decisive factors when selecting a method for its development. According to the preliminary estimates, the deposit is considered as a large promising raw material base for the West Siberian metallurgical complex. It is shown that any possible mining method can be used for ore production, including open-pit, underground methods and their combinations, borehole hydraulic mining that provide an environmental safety.

Iron ore deposit, development, oolitic ores, water encroachment, mining method, environmental safety

Кузнецкий и Западно-Сибирский металлургические заводы испытывают дефицит в местном железорудном сырье и вынуждены завозить его с удаленных до 5 тыс. км горно-обогачительных комбинатов (Качканарский, Коршуновский, Михайловский, Лебединский, Костомушский) [1]. Вместе с тем в восточных регионах России выявлен ряд крупных железорудных залежей, освоение которых позволило бы на длительную перспективу удовлетворить потребность сибирских металлургов в руде. Большой интерес в этом ряду представляет Бакчарское месторождение бурых железняков, выявленное в 1956 – 1957 гг. в процессе нефтепоисковых геолого-разведочных работ. Месторождение занимает выгодное географическое и экономическое положение, располагаясь вблизи крупных промышленных центров (150 км западнее г. Томска, 200 км севернее г. Новосибирска) и основных потребителей руды.

Бакcharское месторождение является наиболее богатой частью крупнейшего в мире Западно-Сибирского железорудного бассейна, протянувшегося с юга на север на расстояние более 2000 км при ширине до 250 км (рис. 1) [2]. Железорудные образования находятся в трех горизонтах суммарной мощностью от 20 до 40 м на глубинах от 165 до 220 м. Руды могут содержать до 56 % железа, а также примеси фосфора, ванадия, палладия, золота и платины. Прогнозные запасы железной руды оцениваются в более чем 110 млрд т, около 30 % из которых находится в рыхлом, сыпучем или полусцементированном состоянии.



Рис. 1. Схема расположения Бакcharского месторождения [2]: 1 — рудоносное поле Бакcharского и Колпашевского месторождений; 2 — холмистые районы; 3 — низменности и котловины

Разведанность месторождения крайне низкая (90 скважин на профиле и небольшая серия по площади), пригодная лишь для предварительной оценки перспектив ресурсов и запасов руды. В наибольшей степени изучены два участка месторождения (Восточный и Польшинский) с запасами около 6 млрд т и содержанием железа до 38 %, залегающими на глубине 180–190 м. Территория месторождения лесистая, наполовину заболоченная равнина с абсолютными отметками 90–120 м и незначительным уклоном поверхности на север. Площади, прилегающие к месторождению, представлены преимущественно торфяными болотами. Климат района континентальный со среднегодовой температурой воздуха 1–1,5°C и сезонным промерзанием грунтов 2–2,6 м, среднегодовое количество осадков составляет 450–460 мм.

Рудные пласты и вмещающие их осадочные слабо сцементированные породы вскрышны [горизонтов (торф, глина, суглинки, алевроит, супесь, лигнит, песок) имеют практически горизонтальное залегание и не требуют буровзрывного рыхления. В стратиграфическом разрезе продуктивной толщи выделено 50 литологических слоев, слагающих 15 свит, из которых 10 существенно отличаются по составу горных пород. Рудная залежь сложена плотными слабосцементированными и рыхлыми оолитовыми рудами с временным сопротивлением сжатию от 3,6 до 564 кг/см², перемежающимися породными прослоями.

Вместе с тем гидрогеологические условия месторождения весьма сложные, что в значительной степени обусловлено развитой гидрографической сетью района и близостью Васюганских болот. В рудном поле выявлено пять водоносных горизонтов (условная нумерация ВГ – ВГV), отличающихся различной степенью водоносности (рис. 2) [3]. Первый от поверхности постоянно действующий водоносный горизонт ВГI приурочен к песчаным отложениям общей мощностью до 50 м. ВГII представлен песчано-алевритовыми отложениями, мощность которых достигает 40–50 м (с элементами плавучести). Воды ВГIII, сложенного песками мощностью более 50 м с максимальной степенью обводненности и высоким напором над кровлей (с самоизливом в доли-

нах рек), используются большинством водозаборов хозяйственно-питьевого назначения населенных пунктов, в том числе с. Бакчар. ВГIV, образованный обводненными песками мощностью до 25 – 30 м, подстилается железорудной толщей, обладает большим гидростатическим напором и пониженными фильтрационными параметрами. Подземные воды ВGV, имеющего мощность порядка 20 м и залегающего под рудной толщей, обладают высоким напором и повышенной минерализацией.

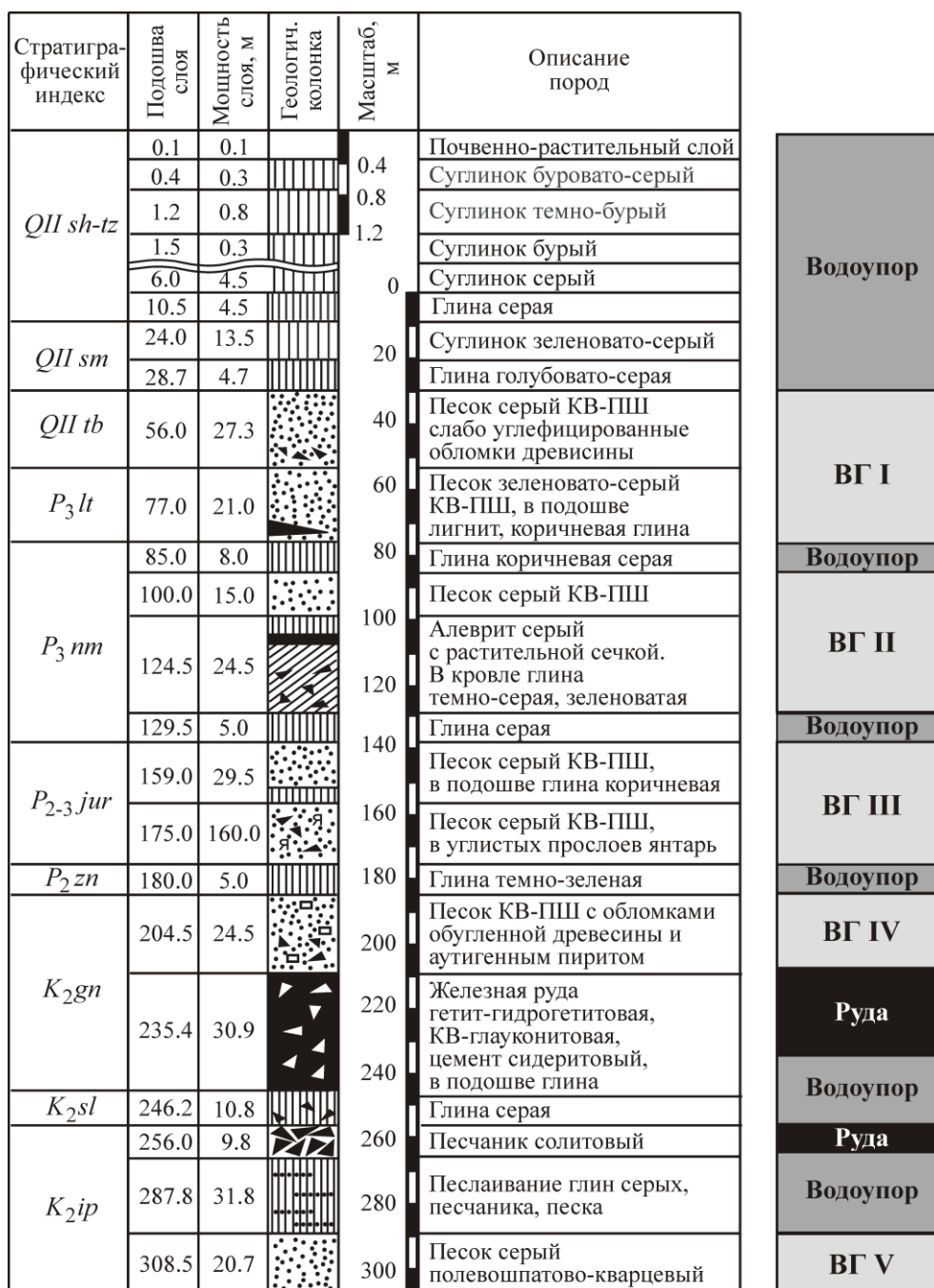


Рис. 2. Усредненный гидрогеологический разрез района Бакчарского железорудного месторождения [3]

Приведенные данные позволяют предположить, что при отработке рудной залежи открытым способом в формировании водопритоков будут принимать участие все перечисленные водоносные горизонты, а их суммарный объем определяться, главным образом, геометрическими размерами горных выработок. Прогнозные водопритоки (в расчете на 1500 м фронта горных работ)

ожидаются в размере 250–270 тыс. м³/сут на первый год и до 160–180 тыс. м³/сут на стабильный период его работы [4]. Исходя из опыта эксплуатации обводненных месторождений твердых полезных ископаемых очевидно, что крайне высокая обводненность Бакчарского месторождения будет одним из главных факторов, определяющих выбор способа и технологий его отработки.

Попытки изыскания эффективных технологий освоения этой уникальной залежи предприняты уже с начала ее открытия и продолжаются до настоящего времени. Большой вклад в этом направлении сделан ИГД СО РАН, который одним из первых, в содружестве с другими специализированными организациями (ИЭОПП СО РАН, Западно-Сибирское геологическое управление, ВИОГЕМ, ВНИМИ, Механобр, Гипромез, Гидропроект, Проектгидромеханизация и др.), начиная с 1959 г. осуществлен значительный объем исследований по обоснованию целесообразности освоения Бакчарского месторождения, как надежной и долговременной сырьевой базы металлургии Сибири и Урала, а также изыскания высокопроизводительных технологий и технических средств для добычи больших объемов руды [5]. Некоторые проработки по освоению месторождения выполнены в 1957 г. институтом “Гипроруда” в процессе технико-экономического обоснования его освоения открытым способом с ежегодной добычей до 30 млн т железной руды для обеспечения потребности региональных металлургических заводов.

Анализ отечественного и зарубежного опыта добычи открытым способом полезных ископаемых в сходных с Бакчарским месторождением условиях (Соколовско-Сорбайского, Лебединского, Камышбурунского и Стип-Рок железорудных, Раздольского серного, буроугольных Кумертаусского и Восточной Германии), проведенный в процессе исследований, свидетельствует о том, что на карьерах повсеместно применялись безвзрывные технологии отработки массивов горных пород с использованием, в зависимости от конкретных горно-геологических условий, разнообразного выемочно-погрузочного оборудования — гидромониторов, земснарядов, многочерпаковых и роторных экскаваторов, драглайнов и мехлопат. Особое внимание при строительстве и эксплуатации карьеров уделялось вопросам осушения продуктивной толщи, повышения устойчивости горных выработок и отвалов, что, безусловно, весьма актуально и для Бакчарского месторождения.

Для первоочередного освоения в исследованиях ИГД СО РАН принят восточный участок месторождения с размерами в плане 8×5 км, средней мощностью вскрышных пород 178 м, рудных горизонтов 30 м, содержанием железа 36.6 %, запасами кондиционных руд 3.1 млрд т. Рассмотренные технологические схемы предусматривали отработку участка открытым способом с предварительным осушением карьерного поля и применением на горных работах выемочного оборудования как непрерывного, так и циклического действия (роторные экскаваторы, скреперы, землесосные снаряды, гидромониторно-землесосные установки).

Рассмотрены следующие возможные варианты (и их комбинации) вскрытия и отработки карьерного поля, разработанные в ИГД СО РАН и Проектгидромеханизация:

1. Комплексами непрерывного действия теоретической производительностью 5000 и 8000 м³/ч разрезной траншеей (длиной 750 м) и отработка его в поперечном направлении на расстояние 1500 м с последующим переходом на продольный порядок развития фронта горных работ.

2. Аналогичными комплексами продольной траншеей (длиной 3 км) с однонаправленным подвиганием фронта горных работ.

3. Роторно-гидравлическими комплексами.

4. Комплексами циклического действия (погрузочные машины, машины обрушения, самоходные скреперы, перегружатели, ленточные конвейеры, отвалообразователи) наклонными слоями (с углом наклона 15°).

5. Роторными экскаваторами с гидротранспортом вскрышных пород.

6. Гидромониторно-землесосными установками.

Во всех вариантах вскрытие и отработка продуктивной толщи карьера предусматривалась одними и теми же комплексами горнотранспортного оборудования, принятого для каждого варианта, горизонтальными слоями (кроме варианта 4); годовая производительность карьера 50 млн т по руде и 176–202 млн м³ по вскрыше (эксплуатационный коэффициент вскрыши 3.5–4.0 м³/т). В специфических горно-геологических и гидрогеологических условиях Бакчарского месторождения особое внимание было уделено вопросам устойчивости бортов и уступов карьера. На основании выполненных институтом ВИОГЕМ расчетов рекомендованы параметры бортов карьера (высотой 192 м): угол откоса нерабочего борта пригруженного и непригруженного внутренними отвалами, соответственно, 24 и 19°; максимальный угол откоса рабочего борта 26°. Введены ограничения и по высоте вскрышных уступов — от 10 до 47 м (при углах откоса соответственно 36 и 20°), что означает необходимость особого подхода к обоснованию технологий и технических средств для отработки слабоустойчивых массивов горных пород, а также параметров элементов карьера.

По результатам технико-экономического сравнения вариантов в качестве приоритетного рекомендован первый вариант отработки поля карьера комплексами непрерывного действия производительностью 8000 м³/ч и разнонаправленным продвижением фронта горных работ (рис. 3). Варианты с гидромеханизированным способом отработки продуктивной толщи признаны не привлекательными из-за высоких капитальных вложений, а вариант с наклонными слоями в связи с отсутствием опыта их применения и реального выемочного оборудования.

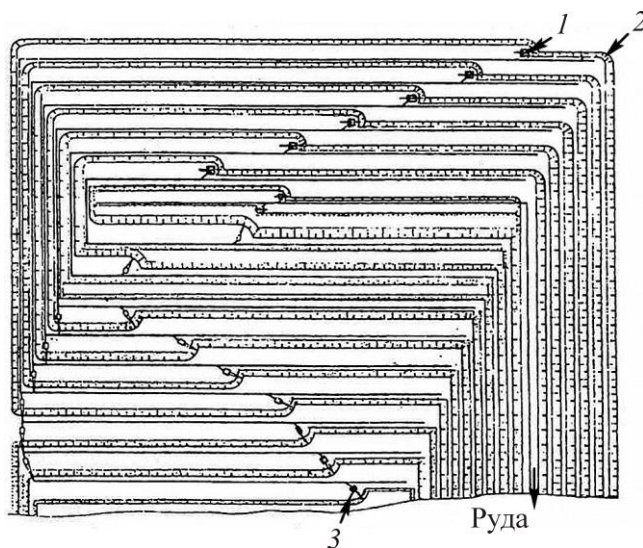


Рис. 3. Технологическая схема отработки Восточного участка Бакчарского месторождения комплексами непрерывного действия [6, 7]

Складирование вскрышных пород в начальный период отработки карьерного поля предусматривалось во внешних, в последующем — во внутренних отвалах, объемы которых зависят от варианта технологических схем. Для выемки руды в схемах использовались роторные экскаваторы, драглайны и самоходные скреперы в комплексе с соответствующими им транспортными средствами (железнодорожные составы, автосамосвалы, трубопроводы, конвейерные и скиповые наклонные подъемники). Применение железнодорожного и автомобильного транспорта признано нецелесообразным из-за значительных объемов въездной траншеи внешнего заложения и большой протяженности транспортных коммуникаций (460–500 млн м³ и 5–6 км соответственно). В конечном итоге для этих целей рекомендовано применение мощных самоходных скреперов в комплексе с конвейерным подъемом, размещаемом в засыпных галереях во внутренних отвалах вскрышных пород.

Одновременно с исследованиями технологии разработки месторождения с участием специализированных организаций изучены также вопросы обогатимости и рудоподготовки бакчарских руд с проведением комплекса лабораторных исследований, показавших возможность получения из них концентратов и офлюсованных агломератов, по качеству и себестоимости сходных с лучшими железорудными месторождениями страны.

За прошедшие более чем полвека других масштабных работ на месторождении не проводилось, хотя интерес к нему постоянно проявлялся в начинаниях областной администрации и публикациях научной общественности. Работы на объекте возобновлены в 2005–2010 гг., когда по инициативе и непосредственном участии Томской горнодобывающей компании на двух перспективных участках были осуществлены поисково-оценочные и опытно-промышленные работы с добычей порядка 2000 т железной руды методом скважинной гидродобычи. При этом была проведена оценка запасов руды в объеме около 750 млн т категории С₂ и ресурсов около 20 млрд т категории Р₁, а в результате лабораторных исследований и практических испытаний на обогатительных и металлургических предприятиях подтверждена возможность получения из руды высококачественных окатышей и концентратов, а также сплавов чугуна, стали, ферросплавов с высоким содержанием ванадия, марганца, титана, циркония и редкометалльных элементов. Кроме того, выполненные работы позволили оценить возможности и недостатки технологии скважинной гидродобычи, что может быть использовано в дальнейшем при обосновании технологий отработки Бакчарского месторождения. По мнению инициаторов и исполнителей указанных работ горно-геологические и гидрогеологические условия Бакчарского месторождения позволяют рассмотреть несколько технологически обоснованных вариантов его освоения, среди которых может оказаться конкурентоспособным вариант поэтапной отработки месторождения с использованием в период строительства карьера технологии скважинной гидродобычи для добычи рыхлой руды и открытой геотехнологии в последующие периоды его эксплуатации [8].

Следует подчеркнуть, что в условиях Бакчарского месторождения при реализации любой из возможных экономически целесообразных технологий его освоения особое внимание должно быть уделено экологической безопасности горного производства. Ее обеспечение будет осложнено, помимо специфических условий месторождения, наличием в районе ряда населенных пунктов, водоснабжение которых осуществляется с использованием подземных источников, а также близостью Государственного заповедника “Васюганский” [9]. Решение этого вопроса приобретет, безусловно, первостепенное значение в случае реализации предполагаемого варианта формирования в районе месторождения крупномасштабного горно-металлургического комплекса, включающего, помимо добычи руды, обогатительные и перерабатывающие производства. Не случайно ряд авторов на основе исследований акцентирует внимание общественности на необходимости проведения тщательной оценки ожидаемого негативного воздействия горного производства на природную среду, особенно в части загрязнения водных и земельных ресурсов [10, 11].

Анализ горно-геологических и гидрогеологических условий Бакчарского месторождения, а также материалов выполненных исследований позволяет сделать вывод о том, что при выборе способа его разработки могут рассматриваться как традиционные (открытый, подземный, открыто-подземный), так и другие, менее известные технологии, в частности, технологии скважинной гидродобычи. Вместе с тем при значительной обводненности месторождения и слабой несущей способности вскрышных пород его подземная разработка, очевидно, будет весьма затруднена и потребует специальных, трудоемких и затратных работ (замораживание пород, закладка выработанного пространства и т. п.). Вопрос применения технологии скважинной гидродобычи в качестве основной технологии отработки залежи также нуждается в глубокой проработке из-за

крайне низкой полноты выемки рудных запасов и недостаточного практического опыта добычи железных руд в аналогичных горно-геологических условиях. Результаты многолетнего и наиболее представительного опытно-промышленного использования этой технологии на Гостищевском железорудном месторождении КМА для добычи богатых руд с глубины свидетельствуют о том, что потери в недрах значительно выше, чем при открытых горных работах, кроме того, существенно снижается уровень контроля полноты и качества полезного ископаемого. При этом основной причиной разубоживания и потерь руды является неуправляемое обрушение кровли рудной залежи, что следует ожидать и на Бакcharском месторождении, сложенном к тому же более слабыми горными породами. Невыдержанное залегание и ограниченное участие рыхлых оолитовых руд в разнопрочной гамме рудных фаций [12] также не будут очевидно способствовать масштабному внедрению этой технологии.

На основе анализа результатов предыдущих и вновь выполненных в ИГД СО РАН исследований наиболее предпочтительным для разработки этой уникальной залежи представляется открытый способ, как наиболее технологичный в рассматриваемых условиях и обеспечивающий высокие экономические показатели добычи руды при максимальной полноте выемки ее запасов и экологической безопасности горных работ. Экологически-ориентированную открытую геотехнологию предполагается формировать на основе рационального использования в производственном цикле добычи руды карьерных вод и техногенного ресурса выработанных пространств. Решение технолого-экологических проблем позволит спроектировать экологически более сбалансированный цикл комплексного освоения и сохранения недр Земли. Разработка технологических решений по освоению месторождения в соответствии с концепцией “зеленой экономики” сохранения ресурсов и снижения негативного воздействия на окружающую среду акцентирует внимание не на очистке и обезвреживании образовавшихся отходов, а на уменьшении объемов их образования и степени опасности в процессе производства. Использование комбинированной геотехнологии даст возможность повысить коэффициент извлечения руды и обеспечить конечную выработку всех запасов до 95 %.

С другой стороны, внедрение существующих ресурсосберегающих геотехнологий добычи руды сдерживается несовершенством нормативной и методологической базы собственно долгосрочного и целевого планирования разработки месторождения технологией скважинной гидродобычи, отсутствием критерия и методики ее эколого-экономической оценки.

ВЫВОДЫ

При относительно простом геологическом строении Бакcharского железорудного месторождения выбор технологии его отработки требует тем не менее особого подхода, обусловленного весьма сложными гидрогеологическими условиями. Научными исследованиями, выполненными в 50-х годах прошлого столетия ИГД СО РАН с участием ряда специализированных организаций, установлена целесообразность разработки месторождения открытым способом с осушением карьерного поля и применением для отработки массивов вскрышных пород техники непрерывного действия.

Исходя из опыта добычи минерального сырья в условиях повышенной обводненности продуктивной толщи, современного технического уровня открытых горных работ и постоянно ужесточающихся требований к охране природной среды, технология отработки Бакcharского месторождения должна быть экологически более ориентированной и формироваться на основе рационального использования в замкнутом производственном цикле природных и техногенных ресурсов. С учетом значительных предполагаемых капиталоемких объемов горного и перераба-

тывающего производств при недостаточной изученности экологической уязвимости прилегающих территорий, обоснованный выбор геотехнологии добычи бакcharской руды может быть сделан после более глубокой научной и проектной проработки вопросов его освоения с использованием как существующих, так и новых данных о месторождении, обеспечивающих его достоверную и всестороннюю сравнительную технико-экономическую оценку. Применение при разработке Бакcharского месторождения открытой геотехнологии, как основной, в сочетании с технологией скважинной гидродобычи позволит получить максимальный конечный положительный результат из-за сокращения сроков строительства добывающей и перерабатывающей инфраструктуры, снижения капитальных вложений и удешевления проекта, более полного извлечения всех запасов, минимального влияния на окружающую природную среду.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. **Filippov P. A. and Freidin A. M.** Ore metal provision of metallurgy industry in West Siberia, *Journal of Mining Science*, 2021, vol. 48, no. 4, pp. 133–143. [**Филлипов П. А., Фрейдин А. М.** О развитии рудной базы металлургического комплекса Западной Сибири. // ФТПРПИ. — 2012. — № 4. — С. 133–143.]
2. **Batugin S. A., Litvintsev V. S., and Cheskidov V. I.** Geotechnologies of open pit mining at deposits with difficult mining and geological conditions, Novosibirsk, Academic Publishing House “Geo”, 2013, 308 pp. [**Батугин С. А., Литвинцев В. С., Ческидов В. И.** Геотехнологии открытой добычи на месторождениях со сложными горно-геологическими условиями. — Новосибирск: Академическое Изд-во “Гео”, 2013. — 308 с.]
3. **Ermashova N. A.** Vertical hydrogeochemical zoning of the marginal part of the West Siberian artesian basin within the lower reaches of the Tom and Chulym rivers, *Problems of Geology and Geography of Siberia*, 2003, pp. 134–136. [**Ермашова Н. А.** Вертикальная гидрогеохимическая зональность краевой части Западно-Сибирского артезианского бассейна в пределах нижнего течения рек Томь и Чулым // Проблемы геологии и географии Сибири. — 2003. — С. 134–136.]
4. **Mazurov A. K., Boyarko G. Yu., Emeshev V. G., and Komarov A. V.** Prospects for the development of the Bakchar iron ore deposit, Tomsk region, *Ore and metals*, 2006, no. 2., pp. 64–70. [**Мазуров А. К., Боярко Г. Ю., Емешев В. Г., Комаров А. В.** Перспективы освоения Бакcharского железорудного месторождения, Томская область // Руда и металлы. — 2006. — № 2. — С. 64–70.]
5. **Kuzevanov K. I., Kuzevanov K. K., Dutova E. M., and Pokrovsky V. D.** Hydrogeological conditions of the Bakcharsky iron ore deposit. Preliminary estimate. *Bulletin of the Siberian Branch of the Earth Sciences Section of the Russian Academy of Natural Sciences. Geology, exploration and development of mineral deposits*, 2018, vol. 41, no. 4, pp. 22–36. [**Кузеванов К. И., Кузеванов К. К., Дутова Е. М., Покровский В. Д.** Гидрогеологические условия Бакcharского железорудного месторождения. Предварительная оценка. Известия Сибирского отделения секции наук о Земле Российской академии естественных наук. Геология, разведка и разработка месторождений полезных ископаемых. — 2018. — Т. 41. — № 4. — С. 22–36.]
6. **Prospects for the development of the Bakcharsky iron ore deposit**, Novosibirsk, Institute of Mining, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, 1971, 283 pp. [**Перспективы освоения Бакcharского железорудного месторождения.** — Новосибирск: ИГД СО РАН, 1971. — 283 с.]
7. **Kurlenya M. V., Kortelev O. B., Cheskidov V. I., and Vasiliev E. I.** Prospects for the use of open pit mining in the development of the Bakcharsky iron ore deposit, *Mining Information and Analytical Bulletin*, 2006, no. 4, pp. 9–13. [**Курленя М. В., Кортелев О. Б., Ческидов В. И., Васильев Е. И.** Перспективы применения открытых горных работ при освоении Бакcharского железорудного месторождения // ГИАБ. — 2006. — № 4. — С. 9–13.]

8. **Parovinchak M. S., Lukyanov V. G., Grinev O. M., and Rostovtsev V. N.** The development of the Bakcharsky iron ore deposit in the Tomsk region is the main project of the development strategy of Siberia for the coming decades, *Bulletin of the Russian Academy of Natural Sciences. West Siberian Branch*, 2017, no. 20, pp. 57–66. [**Паровинчак М. С., Лукьянов В. Г., Гринев О. М., Ростовцев В. Н.** Освоение Бакcharского железорудного месторождения в Томской области – главный проект стратегии развития Сибири на ближайшие десятилетия // *Вестник Российской академии естественных наук. Западно-Сибирское отделение*. — 2017. — № 20. — С. 57–66.]
9. **Decree of the Government of the Russian Federation of December 16, 2017, no. 1563** “On the establishment of the Vasyuganskiy State Nature Reserve”. [**Постановление** Правительства РФ от 16.12.2017, № 1563 “Об учреждении Государственного природного заповедника “Васюганский”].]
10. **Kopysov S. G.** Parameters of ecologically acceptable development of the Bakcharsky iron ore deposit, *Geoeology. Engineering geology, hydrogeology, geocryology*, 2011, no. 5, pp. 420–425. [**Копысов С. Г.** Параметры экологически допустимой разработки Бакcharского железорудного месторождения // *Геоэкология. Инженерная геология, гидрогеология, геокриология*. — 2011. — № 5. — С. 420–425.]
11. **Shaikhiev I. R.** Geoeological monitoring of natural environments in the area of the Bakcharsky iron ore deposit (Tomsk region), *Modern problems of science and education*, 2015, no. 1-2, pp. 273–280. [**Шайхиев И. Р.** Геоэкологический мониторинг природных сред района Бакcharского железорудного месторождения (Томская область) // *Современные проблемы науки и образования*. — 2015. — № 1-2. — С. 273–280.]
12. **Yanin E. P.** Assessment of the impact of the development of Russian iron ore deposits on the environment, *Ecological expertise*, 2019, no. 3, pp. 2–94. [**Янин Е. П.** Оценка воздействия разработки российских железорудных месторождений на окружающую среду // *Экологическая экспертиза*. — 2019. — № 3. — С. 2–94.]