

УДК 624.131.1

## ОЦЕНКА И ПРОГНОЗ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ КИМКАНСКОГО ЖЕЛЕЗОРУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Квашук С.В.

ФГБОУ ВО «Дальневосточный государственный университет путей сообщения», Хабаровск,  
e-mail: s\_kvashuk@mail.ru

Структура месторождения отличается исключительной сложностью, ввиду складчатости в породах, сопровождающейся разрывными нарушениями типа надвигов. В геологическом разрезе выделяются протерозойско-нижнекембрийская игинчинская, лондоковская и рудоносная свиты, а также меловые вулканогенные и вулканогенно-осадочные образования и слаболитифицированные кайнозойские отложения чехла впадин. По инженерно-геологическим признакам территория Кимканского ГОКа разделена на два района по геоморфологическим границам, с разделением на подрайоны. I район – это повышенная часть территории с расчлененным, но сглаженным среднегорным рельефом. Это поверхность водораздельного пространства между реками Кимкан и Сутара, а также склон долины реки Сутара. В этом районе выделяются четыре подрайона в которых под делювиальными отложениями залегают различные по генезису скальные породы. II район это пониженные части рельефа, включающие поверхность аллювиальных террас рек и ручьев. В геологической модели присутствуют семь инженерно-геологических элементов: современные делювиальные отложения, кварцевые порфиры, доломиты, известняки, железистые кварциты, слагающие рудное тело, тектонические брекчии, кремнисто-серицитовые и амфиболо-гранатовые сланцы. В зонах тектонического дробления, на швах сбросовых нарушений отмечается значительная трещиноватость пород. Кварциты, известняки, доломиты являются сильно раздробленными, с наличием в них макротрещин. Кремнисто-серицитовые и амфиболо-гранатовые сланцы на этих участках раздроблены на мелкую, нередко перетертую в мучнистое состояние массу. На всех участках изучения трещиноватости обычно выделяются три системы трещин. Форма блочности, во всех типах пород, за исключением интрузивных, имеет форму наклонной призмы. На участке месторождения развиты экзогенные геологические процессы, связанные с выветриванием горных пород, деятельностью подземных и поверхностных вод, а также с пониженными температурами. Наиболее распространенным процессом является карст. Наиболее опасным является процесс расслоения горных пород в массиве, вызванный разработкой глубоких выемок, сейсмическое воздействие взрывов, физическое выветривание и трещинное давление воды.

**Ключевые слова:** Кимканское месторождение, инженерно-геологические условия, районирование, инженерно-геологические элементы, физико-механические свойства горных пород, трещиноватость, опасные геологические процессы

## ASSESSMENT AND FORECASTING OF GEOTECHNICAL CONDITIONS FOR THE KIMKAN IRON ORE FIELD

Kvashuk S.V.

Far Eastern State Transport University, Khabarovsk, e-mail: s\_kvashuk@mail.ru

Structure of the field is distinguished by an extraordinary complexity due to the folding of rock accompanied by dislocations with breaks of continuity of the overthrust type. Geological cross-section displays Proterozoic-Lower Cambrian Iginchin, Londoko and ore-bearing suites as well as chalk volcanogenic and volcanogenic-sediment formations and low-lithified Cainozoic of the sedimentary cover. According to geological engineering properties the territory of the Kimkan Mining and Processing Plant is divided into two regions along geomorphological junctions with further subdivision into sub-regions. Region I is the upper part of the territory with the partitioned but leveled medium-altitude mountainous relief. It is the surface of the watershed divide between the Kimkan and Sutara rivers and the bank vault of the Sutara river. This region is divided into four sub-regions where hard rock of different genesis lies under dealluvial sediments. Region II is the lower parts of the relief that include the surface of the alluvial terraces of rivers and brooks. Geological model consists of seven engineering geological elements: recent dealluvial sediments; quartz porphyry; dolomites; limestones; ferruginous quartzites that make up the ore body; tectonic breccias; silicious-sericitic schist and amphibole-garnet shales. Zones of tectonic break display significant cleavage on the faults. Quartzites, limestones and dolomites are noticeably corrugated and contain macrofissures. Silicious-sericitic schist and amphibole-garnet shales are broken into small fraction fines often grinded to meal state. Three systems of fractures are usually observed on all the sites under jointing study. Blocky structure in all types of rock, except intrusive, is of oblique prism shape. The field displays developed exogenous geological processes connected with weathering of rock, with the impact from underground and surface waters as well as lower temperature. The most widely spread process is karst erosion. Наиболее распространенным процессом является карст. The most hazardous process is the process of sheeting in the solid mass caused by deep excavating, seismic impact of explosions, physical weathering and fracture pressure of water.

**Keywords:** Kimkan field, geotechnical conditions, zoning, engineering geological elements, physical-mechanical properties of rock, jointing, geological hazards

Месторождение железных руд «Кимканское» расположено на юге Хабаровского края Российской Федерации. В ходе комплексных работ произведена оценка слож-

ности инженерно-геологических условий эксплуатации месторождения, в ходе изучения инженерно-геологических и горно-технических условий разработки.

### Цель исследования

Составление инженерно-геологической карты территории Кимканского месторождения, районирование территории месторождения по сложности инженерно-геологических условий, выделение и описание инженерно-геологических групп горных пород на основе отбора и изучения полного комплекса физико-механических свойств образцов скальных горных пород; выявление и картирование экзогенных геологических процессов.

### Материалы и методы исследования

Материалы получены на основе инженерно-геологических рекогносцировочных маршрутов, инженерно-геологической съемки, изучения трещиноватости горных пород в обнажениях, инженерно-геологической документации ядра скважин и горно-разведочных выработок; оценки зон и поверхностей ослабления на обнажениях и по ядру скважин а также с использованием геофизических данных и георадарных исследований.

### Результаты исследования и их обсуждение

Структура месторождения отличается исключительной сложностью, что обусловлено интенсивно проявленной складчатостью в породах, сопровождавшейся разрывными нарушениями типа надвигов. До глубины 150 м железные руды могут отрабатываться открытым способом.

В геологическом разрезе стратифицируемых отложений выделяются протерозойско-нижнекембрийские игинчинская, лондоковская и рудоносная свиты, а также меловые вулканогенные и вулканогенно-осадочные образования и слаболитифицированные кайнозойские отложения чехла впадин.

По инженерно-геологическим признакам территория Кимканского ГОКа разделена на два района по геоморфологическим границам, с разделением на подрайоны [1].

I район представляет собой повышенную часть территории с расчлененным, но сглаженным рельефом. По геоморфологическому строению представляет собой поверхность водораздельного пространства между реками Кимкан и Сутара, а также склон долины реки Сутара. Поверхность характеризуется среднегорным рельефом, среди которого выделяется несколько высот, представляющих собой сопки с максимальными высотными отметками около

500 м. Ввиду того, что на этой территории местами имеются значительные уклоны поверхности, при освоении строительством на некоторых участках потребуются планировка откосов и регулирование поверхностного стока.

По геологическому строению района этот представляет собой ряды размытых складок, осложненных вторичными тектоническими процессами. Наименее устойчивыми местами для строительства будут те, где проходят зоны разломов и надвигов, по линии которых по плоскостям скольжения залегают породы, перетертые и превращенные в тектонические брекчии.

При дальнейшем инженерно-геологическом районировании территории, подлежащей промышленному освоению, в I районе выделены несколько подрайонов.

Ia – подрайон характеризуется распространением скальных грунтов, представленных кристаллическими глубинными породами – гранитами, гранодиоритами и др. Покров делювиальных отложений здесь невелик, колеблется в пределах от 0 до 2,0 м. При заложении фундаментов на глубине 2.0 м и ниже – основаниями для них будут скальные грунты. Прочность на сжатие до 130 МПа.

Iб – подрайон характеризуется мощностью делювиальных отложений от 0 до 2.0 м. Под делювиальными отложениями залегают известняки и доломиты. Этот подрайон занимает северо-западную и центральную часть всей исследуемой территории. Прочность на сжатие карбонатных пород 42–84 МПа.

Iв – подрайон аналогичный подрайону Iб, с залеганием под делювиальными отложениями карбонатных пород, отличающийся тем, что в них были зафиксированы признаки карстовых процессов: карры, воронки, ребристая поверхность и т.д.

Iг – подрайон характеризуется распространением под делювиальным покровом мощностью от 0 до 2,0 м разного рода сланцев: углистых, углисто-глинистых, серицитовых и т.д. При строительстве в этом подрайоне следует считаться с частой изменчивостью состава пород, в зависимости от разного литологического состава отдельных прослоек в толще сланцев, которые варьируют от глинистых связных углистых до обломочных цементированных пород. В зависимости от этого возможны неравномерные осадки сооружений. Прочность на сжатие до 16–54 МПа. У некоторых разностей (гранат-амфиболовых с прослоями до-

ломита, тремолит-флогопит-кварцевых) она выше – 89,5–96,5 МПа.

II район. Ко второму району отнесены наиболее пониженные части рельефа, представляющие собой поверхность аллювиальных террас рек и ручьев. Район характеризуется спокойным, почти ровным рельефом, аллювиальные отложения представлены преимущественно песчаными и песчано-галечниковыми породами, местами заторфованными и водоносными. Уровень грунтовых вод колеблется в зависимости от уровня воды в реке, с которыми имеет непосредственную гидравлическую связь. Район ежегодно в той или иной степени заливаются паводками реки.

В результате анализа геологического строения территории и пространственной изменчивости физико-механических свойств горных пород в сфере взаимодействия сооружений Кимканского ГОКа с геологической средой составлена геологическая модель, включающая семь инженерно-геологических элементов [2–4]:

Современные делювиальные отложения залегающие в верхней части разреза, представленные суглинками и супесями, имеющими мощность 3–5 м. Обычно они имеют бурый или желтовато-бурый цвет. По данным гранулометрических анализов среднее содержание глинистых фракций и пылеватых фракций 59,6–92,3%. Плотность их меняется в интервале 1,95–2,32 г/см<sup>3</sup>, среднее 1,88 г/см<sup>3</sup>; плотность минеральной части 2,55–2,85 г/см<sup>3</sup>, среднее 2,7 г/см<sup>3</sup>; влажность – 11,27–29,77%, среднее 18,3%; пористость 19,6–35,8% среднее 30,3%, коэффициент пористости 0,24–0,91%, среднее 0,45%. В нижних частях этой толщи наблюдаются щебенистый обломочный материал подстилающих скальных пород.

Кварцевые порфиры светло-серые, а также граниты светло-серые, с мелкозернистой структурой, плотной текстурой и андезито-базальты, имеющие подчиненное значение в разрезе исследуемого района. Приурочены к долинам ручьев Рудничный и Талый, а также наблюдаются в нижних частях разреза, вскрытого выемкой федеральной автомобильной дороги к юго-востоку от Центрального карьера. По результатам лабораторных испытаний определены следующие показатели: плотность 2,5 г/см<sup>3</sup>; прочность на сжатие до 130 МПа.

Доломиты серого и светло-серого цвета мурандавской свиты. Структура тонкозернистая, текстура толстоплитчатая. Часто они подвержены вторичному окремнению.

Встречаются также карбонитизированные разности, мраморизованные, брекчированные, сланцеватые, углистые, с гранитными и мраморизованными прослоями. Окремненные разности очень прочны, с трудом разбиваются молотком. У них повышенная плотность – 2,8–2,97 г/см<sup>3</sup>, средняя – 2,88 г/см<sup>3</sup>, пористость 0,29–1,17%, средняя 0,954%. Реагируют с нагретой соляной кислотой, издавая резкий запах сероводорода. У доломитов: предел прочности на сжатие,  $R_{сж} = 30–65$  МПа; предел прочности при растяжении,  $R_p = 3,7–4,3$  МПа; коэффициент крепости 5–7; модуль деформации – 41–76 МПа; коэффициент Пуассона 0,26–0,31.

Известняки имеют широкое распространение в районе центрального и западного карьеров Кимканского месторождения. Их цвет колеблется от светло-серого до темно-серого. Известняки в выемке федеральной автомобильной дороги имеют белый цвет, сахаристый облик, искрящийся блеск, структура крупнозернистая, текстура плотная. В известковом карьере известняки темно-серого цвета, плотные, тонкозернистые. Известняки при ударе молотком издают запах сероводорода. Водопоглощение известняков в пределах 0,15–0,6%; плотность 2,67–2,7 г/см<sup>3</sup>; пористость 0,94–2,47%. У известняков и мраморов предел прочности на сжатие,  $R_{сж} = 50–117$  МПа; предел прочности при растяжении,  $R_p = 3,9–7,8$  МПа; статический модуль деформации – 32–66 МПа. Коэффициент Пуассона 0,24–0,27.

Железистые кварциты слагают рудное тело. Характеризуются следующими свойствами: водопоглощение 0,23–1,35%; плотность 2,83–3,61 г/см<sup>3</sup> пористость 0,67–2,22%. Рудные тела приурочены к определенному стратиграфическому горизонту, залегают согласно с вмещающими породами, и вместе с последними собраны в складки. Прочность на растяжение 3,3–3,4 МПа, прочность на сжатие 37,5–77,8 МПа, прочность по Протоdjаконову 5–11, модуль деформации 30,1 МПа, коэффициент Пуассона 0,24–0,30.

Тектонические брекчии (ИГЭ–6) представлены сильно раздробленными горными породами. Прочность по Протоdjаконову 8–20, коэффициент Пуассона 0,29–0,32.

Кремнисто-серицитовые и амфило-гранатовые сланцы имеют текстуру от тонко- до толстоплитчатой. Цвет зеленовато-серый, зеленый. В этих породах развит кливаж, в некоторых местах искажающий первоначальную слоистость. Пространственно они слагают юго-восточную часть

горного отвода и являются основанием сооружений промышленной площадки. Водопоглощение образцов составляет 0,64–1,51%; плотность 2,56–2,71 г/см<sup>3</sup>, пористость 2,44–5,53%. Показатели предела прочности на сжатие:  $R_c = 17–47$  МПа; предел прочности при растяжении,  $R_p = 3,6–8,4$  МПа; коэффициент крепости 3–6, статический модуль деформации – 15,5–39,4 МПа. Сланцы с прослоями доломита, кремнистые сланцы имеют более высокие показатели: прочности на сжатие 95–98,6 МПа, прочности при растяжении 9,1–14,8 МПа, модуль деформации – 15,5–19,1 МПа, коэффициент крепости 13–14. Коэффициент Пуассона 0,28–0,37.

После соответствующей статистической обработки сланцы были объединены в единый ИГЭ.

Значительная трещиноватость пород отмечается в зонах тектонического дробления, на швах сбросовых нарушений. Твердые породы, кварциты, а особенно известняки, доломиты являются сильно раздробленными, с наличием в них макротрещин. Кремнисто-серицитовые и амфиболо-гранатовые сланцы на этих участках раздроблены на мелкую, нередко перетертую в мучнистое состояние массу.

На всех участках изучения трещиноватости обычно выделяются три системы трещин. Чаще это две системы субвертикальных, северо-восточного и северо-западного простирания. В них трещины часто имеют обратное относительно друг друга падение (например С-В – Ю-В). Третья система либо пологопадающая, либо субгоризонтальная.

В результате форма блочности практически во всех типах пород, за исключением интрузивных, имеет форму наклонной призмы [3].

На участке месторождения развиты экзогенные геологические процессы, связанные с выветриванием горных пород, деятельностью подземных и поверхностных вод, а также с пониженными температурами [5]:

– наиболее распространенным процессом является карст. Закарстованные известняки на месторождении имеют значительное распространение, занимая полосу в центральной части района, где они выполняют ядро синклинали складки. В пониженных частях рельефа наблюдаются карстовые воронки, блюдца, чаще неправильной, преимущественно продолговатой формы углубления, ориентированные параллельно отрицательным формам рельефа;

– атмосферные осадки, выпадающие в большом количестве, не успевают инфильтроваться в глинистые породы слабой проницаемости и частично задерживаются на поверхности склонов, характеризующихся наличием замкнутых депрессий и западин, приводя, таким образом, к образованию болот;

– интенсивность денудации в известняках в искусственных обнажениях составляет 0,65 см/год.

При открытой разработке Кимканского месторождения проявляются экзогенные геологические процессы:

– наиболее опасным является расхождение горных пород в массиве. Основными факторами, ускоряющими этот процесс являются образование глубоких выемок, сейсмическое воздействие взрывов, физическое выветривание и трещинное давление воды;

– каскадное расположение гидротехнических сооружений повышает опасность возникновения гидродинамических аварий, сопровождающихся размывом русел и берегов реки Сутара и руч. Талый. Образование селевых потоков значительного объема невозможно даже в случае прорыва напорного фронта гидротехнических сооружений.

### Заключение

В результате инженерно-геологического изучения Кимканского месторождения установлено что горно-технические и гидрогеологические условия месторождения в целом благоприятны. До глубины 150 м железные руды могут обрабатываться открытым способом. Структура месторождения отличается исключительной сложностью, что обусловлено интенсивно проявленной складчатостью в породах верхнепротерозойского и нижнекембрийского возрастов, сопровождавшейся разрывными нарушениями типа надвигов; мощность делювиальных отложений невелика, обычно не превышает 3 м, реже больше; они представлены преимущественно супесями и суглинками с включениями щебневого материала; аллювиальные отложения представлены глинистыми песками и галечниками; мощность аллювия от нескольких сантиметров до 15 м.

Значительная трещиноватость пород отмечается в зонах тектонического дробления, на швах сбросовых нарушений. Твердые породы, кварциты, а особенно известняки, доломиты являются сильно раздробленными, с наличием в них макротрещин. Кремнисто-серицитовые и амфиболо-гранатовые

сланцы на этих участках раздроблены на мелкую, нередко перетертую в мучнистое состояние массу. На всех участках изучения трещиноватости обычно выделяются три системы трещин.

На участке месторождения развиты экзогенные геологические процессы, связанные с выветриванием горных пород, деятельностью подземных и поверхностных вод, а также с пониженными температурами:

– наиболее распространенным процессом является карст. Закарстованные известняки на месторождении имеют широкое распространение, занимая полосу в центральной части района, где они выполняют ядро синклинали складки. В пониженных частях рельефа наблюдаются карстовые воронки, блюдца, чаще неправильной, преимущественно продолговатой формы углубления, ориентированные параллельно отрицательным формам рельефа.

При открытой разработке месторождения наиболее опасным является расслоение горных пород в массиве. Основными факторами, ускоряющими этот процесс, являются образование глубоких выемок, сейсмическое воздействие взрывов, физическое выветривание и трещинное давление воды. Также несут угрозу залповые прорывы воды из карстовых полостей.

#### Список литературы

1. Трофимов В.Т., Красилова Н.С. Инженерно-геологические карты: учебное пособие. – М.: КДУ, 2008. – С. 384.

2. СП 47.13330.2012 «Инженерные изыскания для строительства. Основные положения» Актуализированная редакция СНиП 11-02-96, Издание официальное». – Москва, 2012.

3. Дмитриев Н.А. Отчет об инженерно-геологических изысканиях, произведенных в районе Кимканского железорудного месторождения, для стадии проектного задания Кимканского железорудного комбината. – М.: Росстройпроект, 1950. – 180 с.

4. Современные представления о стратиграфии Кимканского рудного района и геологическом строении Сугарского месторождения железистых кварцитов // В.М. Запорожцев, И.В. Пустовойтова // Разведка и охрана недр. – 2013. – № 11. – С. 69–76.

5. Подгорная Т.И. Прогноз и оценка природных рисков для строительства на региональном уровне / Материалы международной научной конференции. – Хабаровск: Тихоокеанский государственный университет // Новые идеи нового века. – 2010. – Т. 2. – С. 228–236. .

#### References

1. Trofimov V.T., Krasilova N.S. Inzhenerno-geologicheskie karty: uchebnoe posobie. M.: KDU, 2008. pp. 384.

2. SP 47.13330.2012 «Inzhenernye izyskanija dlja stroitelstva. Osnovnye polozhenija» Aktualizirovannaja redakcija SNiP 11-02-96, Izdanie oficialnoe». Moskva, 2012.

3. Dmitriev N.A. Otchet ob inzhenerno-geologicheskikh izyskanijah, proizvedennyh v rajone Kimkanskogo zhelezorudnogo mestorozhdenija, dlja stadii proektnogo zadanija Kimkanskogo zhelezorudnogo kombinata. M.: Rosstrojproekt, 1950. 180 p.

4. Sovremennye predstavlenija o stratigrafii Kimkanskogo rudnogo rajona i geologicheskomo stroenii Sutarского mestorozhdenija zhelezistyh kvarcitov // V.M. Zaporozhcev, I.V. Pustovojtova // Razvedka i ohrana neдр. 2013. no. 11. pp. 69–76.

5. Podgornaja T.I. Prognoz i ocenka prirodnyh riskov dlja stroitelstva na regionalnom urovne / Materialy mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii. Habarovsk: Tihookeanskij gosudarstvennyj universitet // Novye idei novogo veka. 2010. T. 2. pp. 228–236.