

К ВОПРОСУ ГЕОМЕХАНИЧЕСКОГО ОБОСНОВАНИЯ РАЗРАБОТКИ ГОРЕВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ СВИНЦОВО-ЦИНКОВЫХ РУД

К.Н. Трубецкой, Н.А. Милетенко, В.Н. Одинцев, И.Е. Шиповский,

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем комплексного освоения недр им. академика Н.В. Мельникова Российской академии наук, Москва, Россия

Аннотация: Горевское месторождение свинцово-цинковых руд является уникальным по запасам металлов и качеству руд, а также в отношении геомеханических и гидрогеологических условий разработки. Месторождение находится на берегу реки Ангара, часть рудных тел уходит под русло. Добыча руды ведется открытым способом, в перспективе планируется углубление карьера до глубины -435 м и переход на комбинированный способ отработки месторождения. В настоящей работе отмечается, что увеличение глубины карьера может изменить деформированное состояние толщи пород и вызвать в ней развитие опасных деформационных процессов, которые в свою очередь могут вызвать проникновение природной воды в горные выработки. Изложены некоторые разработки ИПКОН РАН по решению рассматриваемых вопросов. Предлагается использовать комплексный, междисциплинарный подход, сочетающий инженерные методы прогноза, основанные на производственном опыте, методы компьютерного моделирования разноплановых задач (сдвигание пород, формирование зон наведенной проницаемости массива, фильтрация, взрывное воздействие) и геомеханический мониторинг.

Ключевые слова: Горевское месторождение, открыто-подземный способ, сдвигание массива пород, трещиноватость, фильтрация воды.

Для цитирования: Трубецкой К.Н., Милетенко Н.А., Одинцев В.Н., Шиповский И.Е. К вопросу геомеханического обоснования разработки Горевского месторождения свинцово-цинковых руд // Маркшейдерия и недропользование. 2023. №6. С. 42-53. DOI: 10.56195/20793332_2023_6_42_53.

TO GEOMECHANICAL SUBSTANTIATION OF DEVELOPMENT OF GOREVSKOYE DEPOSIT OF LEAD-ZINC ORES

K.N. Trubetskoy, N.A. Miletenko, V.N. Odintsev, I.E. Shipovsky,

Institute of Comprehensive Exploitation of Mineral Resources Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

Abstract: The Gorevskoye lead-zinc ore deposit is unique in terms of metal reserves and ore quality, as well as in terms of geomechanical and hydrogeological development conditions. The deposit is located on the banks of the Angara River, part of the ore bodies goes under the channel. Ore mining is carried out by an open method, in the future it is planned to deepen the quarry to a depth of - 435 m and switch to a combined method of mining the deposit. It is noted in this work that increasing the depth of the quarry can change the deformed state of the rock column and cause the development of dangerous deformation processes in it, which in turn can cause the penetration of natural water into mine workings. Some developments of the IPKON RAS on the solution of the issues under consideration are outlined. It is proposed to use a comprehensive, interdisciplinary approach that combines engineering methods of forecasting based on production experience, methods of computer modeling of diverse problems (rock displacement, formation of zones of induced permeability of the massif, filtration, explosive impact) and geomechanical monitoring.

Keywords: Gorevskoye field, open-pit method, rock mass displacement, fracturing, water filtration.

For citation: Trubetskoy K.N., Miletenko N.A., Odintsev V.N., Shipovsky I.E. To geomechanical substantiation of development of Gorevskoye deposit of lead-zinc ores. Surveying and subsoil use. 2023;(6): 42-53.(In Russ.). DOI: 10.56195/20793332_2023_6_42_53.

Горевское месторождение свинцово-цинковых руд находится в Мотыгинском районе Красноярского края и является уникальным по запасам металлов и качеству руд [1-4]. Рудные тела месторождения вытянуты в северо-западном направлении, расположены кулисообразно, круто падают на юго-запад, имеют линзовидно-пластовую и пластобразную форму и погружаются в юго-восточном направлении (рис. 1). Выделено четыре рудных тела: Главное, Западное, Северо-Западное и Маленькое.

Главное рудное тело представляет залежь длиной 1100 м по простиранию и 1200 м по падению при нормальной мощности 60-100 м. Северо-западный фланг рудного тела на протяжении 800 м выходит на поверхность под наносы, юго-западный фланг погружается на глубину под углами 60-80°. Околорудные гидротермальные изменения вмещающих пород (окварцевание, доломитизация, сидеритизация и т.д.) прослеживаются на расстоянии до 50 м в стороны от рудных тел и на 100-150 м выше их по восстанию. По последним

данным запасы месторождения составляли свыше семи миллионов тонн свинца, почти два миллиона тонн цинка и около шести тонн серебра.

Работы на месторождении осложняет его положение. Месторождение находится на берегу реки Ангара, часть рудных тел уходит под русло. Необходимость разработки карьера определила строительство защитной дамбы, которая подвинула Ангару почти на триста метров (рис. 2). После возведения дамбы и развития горных работ с течением времени возникла необходимость возведения второй дамбы.

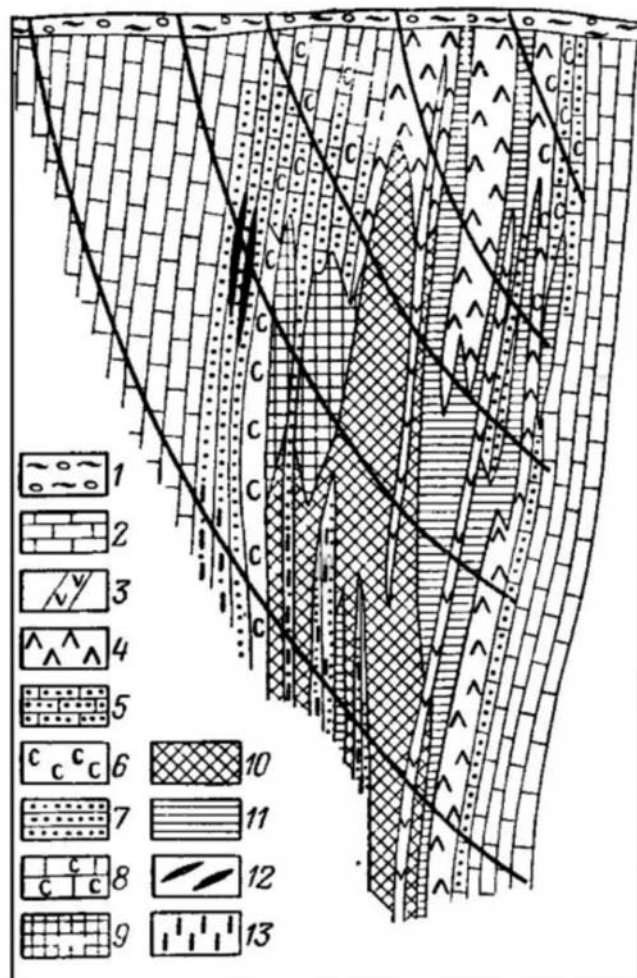


Рис. 1. Схематический геологический разрез Горевского месторождения [1] / Fig. 1. Schematic geological section of the Gorevskoye field [1]

1 - рыхлые отложения; 2 - известняки; 3 - оливиновые диабазы; 4-8 - гидротермально измененные породы: 4 - доломитизация; 5 - окварцованные известняки; 6 - сидерит; 7 - кварц-карбонатные породы; 8 - сидеритизированные известняки; 9-13 - руда: 9 - цинк-свинцовая; 10 - свинцово-цинковая; 11 - свинцовая; 12 - галенит-сфалеритовые прожилки; 13 - пирротинное оруденение

Возведение защитной дамбы второй очереди стартовало в 2016 году. Дамба предназначена для обеспечения отработки запасов месторождения открытым способом карьером до глубины -435 м и дальнейшей отработки нижележащих запасов подземным способом. Строительство защитной дамбы второй очереди позволило отеснить воды реки Ангара от берега на 1 200 метров.



Рис. 2. Карьер Горевского месторождения: а - дамба 1-й очереди, б - дамба 2-й очереди [5] / Fig. 2. The quarry of the Gorevskoye field: a - dam of the 1st stage, b - dam of the 2nd stage [5]

Рациональное использование минеральных ресурсов и охрана недр в процессе горного производства является одной из главных задач Горевского ГОКа как ответственного недропользователя. Анализ имеющейся в открытой печати проектной и научно-технической документации, а также данных об условиях отработки карьера убеждает в том, что используемые в настоящее время технологические процессы обеспечивают наиболее полную и экономически целесообразную выемку балансовых и забалансовых запасов промышленных категорий, получение максимального количества полезного ископаемого при минимальных объемах разубоживания, комплексное использование полезных ископаемых [5].

В то же время, имея в виду перспективы отработки месторождения – углубление карьера и переход на комбинированный способ отработки месторождения, следует выделить ряд аспектов по развитию научно-технического обеспечения безопасности и экологичности горного производства. Исходя из опыта прогнозирования условий углубления карьера и перехода на подземный способ добычи руд, считаем, что целесообразно уделить повышенное внимание геомеханическим и гидрогеологическим особенностям разработки месторождения. С увеличением глубины карьера изменяется напряженно-деформированное состояние толщи пород, что может повлечь развитие в ней опасных деформационных процессов, которые в свою очередь могут вызвать изменение гидрогеологических условий разработки месторождения.

Наиболее опасные изменения состояния массива пород могут проявиться в отношении резкого повышения фильтрационных свойств геосреды. Например, при разработке карьеров КМА примерно такой же глубины площадь декомпрессионной воронки превысила десятки квадратных кило-

метров, понижение уровня подземных вод составило десятки метров. Разработка привела к осушению земель, что негативно повлияло на экологию района [6, 7].

На Горевском месторождении такие операции, как углубление карьера и переход на подземную добычу руды с большой вероятностью могут привести к большому фильтрационному притоку воды в карьер и в перспективе в подземные выработки. При наличии такого водного объекта как Ангара с неисчерпаемым объемом воды, существует немалый риск проникновения воды в горные выработки в виде катастрофического прорыва.

Техногенное сдвигение горных пород является одним из главных факторов, которые следует рассматривать при обеспечении безопасности и экологичности освоения недр [8, 9]. Исследование этого фактора подразумевает изучение вопросов разного геомеханического содержания: собственно деформации и перемещения пород, образования зон интенсивной наведенной фильтрации, фильтрации флюидов в массиве по природным трещинам и контактам, разрушение массива и образование наведенных водопроводящих трещин как каналов для прорыва вод в горные выработки.

Цель исследования — обоснование методологии прогноза и контроля геомеханического состояния массива при развитии горных работ на Горевском месторождении и при переходе с открытого на подземный способ добычи руды.

Методология исследования

Сочетании инженерных методов прогноза сдвига массива горных пород, компьютерного моделирования процессов деформаций, трещинообразования, фильтрации и геомониторинга состояния массива пород.

За рубежом и в нашей стране ведутся разработки методологии, компьютерных программ, систем контроля и прогноза состояния массива в сложных горно-геологических и гидрогеологических условиях. Они имеют разную направленность. В ИПКОН РАН разработана методология геомеханического анализа указанных выше процессов конкретно при переходе с открытых работ на подземные. Она основана на двух подходах — инженерном, отражающем натурные закономерности сдвига пород, и математическом моделировании, позволяющем учесть разные теоретические проработки соответствующих вопросов и привлечь новые компьютерные программы в исследования геопроцессов [9–14].

При разработке методологии учтен позитивный и негативный мировой опыт предотвращения опасных прорывов воды в горные выработки. Отметим, что негативный опыт в прогнозе нежелательных техногенных процессов миграции и фильтрации подземных вод связан, главным образом, с раздельным рассмотрением гидрогеологических процессов и процессов сдвига пород. Этот опыт свидетельствует о том, что соответствующие процессы надо рассматривать в связке, т.е. исследования должны быть междисциплинарными. Процессы сдвига пород, трещинообразования и фильтрации воды являются взаимовлияемыми.

Результаты исследования и их обсуждение

Наши разработки позволяют проводить такие междисциплинарные исследования. Например, на рис. 3а показана основанная на анализе натурных данных схема формирования характерных зон состояния массива в целике, разделяющем дно карьера и подземные выработки при переходе с открытых работ на подземные.

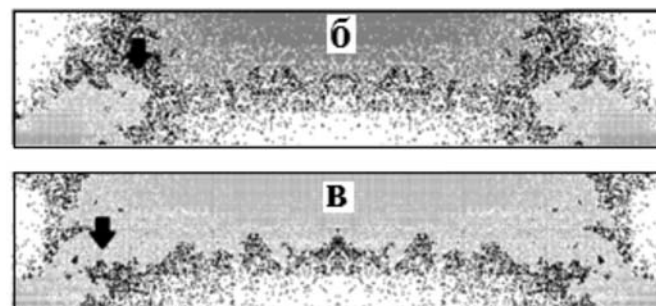
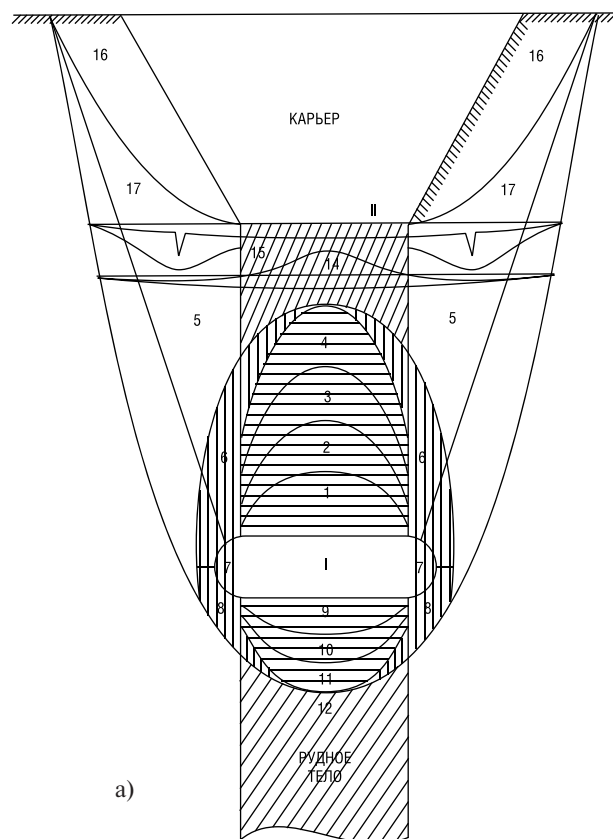


Рис. 3. Схемы к расчетам геомеханического состояния массива горных пород и разделительного целика при переходе добычных работ с открытого способа на подземный: а - зоны деформации и трещинообразования в массиве пород; б, в - кластеры наведенной проницаемости пород (пояснение в тексте) / Fig. 3. Schemes for calculations of the geomechanical state of the rock mass and the separation column during the transition of mining operations from the open-pit method to the underground one: a - zones of deformation and cracking in the rock mass; b, c - clusters of induced permeability of rocks (explanation in the text)

На рис. 3а обозначены: I - подземная выработка; II - целик, разделяющий дно карьера и подземную выработку; также показаны характерные зоны: 1 - обрушения; 2 - сквозных трещин; 3 - фильтрующих трещин; 4 - локальных трещин; 5 - плавного прогиба; 6, 8 - опорного давления; 7 - предельного напряженного состояния; 13, 14, 15 - растяжения и сжатия в подкарьерном слое; 16 - оползневая призма; 17 - прибортовой массив [14]. Выделение зон позволяет адекватно поставить задачи фильтрации подземных и поверхностных вод с учетом измененного деформированного состояния массива пород.

На рис. 3б, в показаны основанные на компьютерном моделировании и теории перколяции кластеры техногенно

нарушенных и проницаемых контактов блоков породы в раздельном целике при предположении сохранения его прочности. Такое моделирование позволяет понять природу внезапно сильной фильтрации воды через массив, который с точки зрения напряженно-деформированного состояния (НДС) находится в удовлетворительном, неопасном состоянии. Моделирование НДС с вероятностной оценкой прочности горных пород позволяет более адекватно оценить риск катастрофического прорыва воды в горные выработки. На *рис. 3б* показано вероятное состояние раздельного целика без образования сплошной зоны техногенной проницаемости (показана серым цветом, стрелкой указана критическая область, определяющая переход всего целика в состояние проницаемости). На *рис. 3в* показана опасная ситуация техногенной проницаемости массива, допускающая интенсивную фильтрацию поверхностных вод со дна карьера в подземные выработки.

Инженерная проработка вопросов сдвижения горных пород позволяет адекватным образом организовать геомеханический мониторинг состояния массива горных пород, который заключается в систематическом инструментальном и аналитическом контроле эволюции деформационных полей на земной поверхности и в толще пород маркшейдерско-геодезическими и геофизическими методами [15, 16]. Геомеханический мониторинг должен быть непрерывным условием освоения недр в сложных горно-геологических условиях [17-19].

Современное компьютерное моделирование [20, 21] позволяет адекватно учесть геологическую структуру толщи пород и влияние контактов слоев с разными геомеханическими свойствами, что имеет значение для месторождений со сложным геологическим строением, в частности для случая, показанного на *рис. 1*. Такие исследования позволяют оценить степень нарушения контактов слоев пород и, как следствие, оценить возможную фильтрацию поверхностных и подземных вод в выработки по мере отработки месторождения и затем обосновать меры по уменьшению опасности этих геопроцессов.

Важным фактором, влияющим на сдвижение массива горных пород, является систематическое динамическое воздействие на массив, которое провоцирует процессы ползучести массива и роста деформаций во времени. Для условий разработки Горевского месторождения наиболее важным динамическим фактором является взрывное воздействие на массив при открытых работах на карьере. Новые разработки в области компьютерного моделирования взрывного воздействия на массив горных пород [22, 23] позволяют оценить как вопросы изменения микроструктуры среды (предразрушения пород [24]) в удаленной от взрывов зоне, так и особенности масштабного разрушения уступов в карьере. Зона предразрушения пород обычно не учитывается в практических приложениях, здесь она может иметь решающее значение в связи с накоплением повреждений в породах и медленным просачиванием воды из Ангара в карьер, а в перспективе в подземные выработки.

Рисунки 4, 5 иллюстрируют некоторые возможности вычислительных программ в расчете взрывного разрушения уступа. На *рис. 4б* показан фрагмент развития взрыва, а на *рис. 5а* — значения смещения породы во времени.

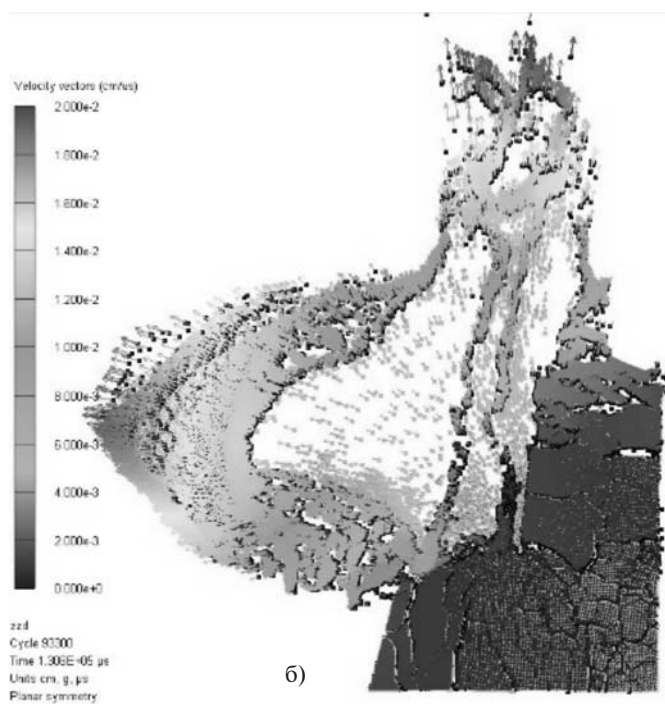
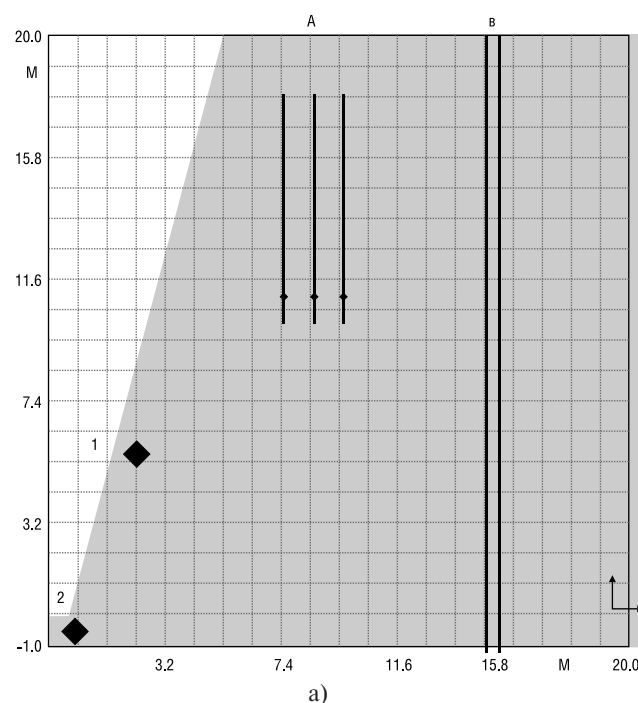


Рис. 4. Схемы к расчету взрывного разрушения уступа карьера: а) А - скважины с зарядами ВВ на краю уступа карьера; В - измерительная скважина; 1, 2 - реперные точки; б) результат взрыва зарядов ВВ на поздний момент после инициирования зарядов / *Fig. 4.* Schemes for calculating the explosive destruction of the quarry ledge: а) А - wells with explosive charges on the edge of the quarry ledge; В - measuring well; 1, 2 - reference points; б) the result of the explosion of explosive charges at a late moment after the initiation of charges

Заключение

Успехи в разработке полезных ископаемых определяются, прежде всего, экономическими вопросами. Однако в наше время все возрастающую роль, иногда решающую, начинают играть факторы безопасности и экологичности освоения недр. Поэтому, продолжая разработку Горевского

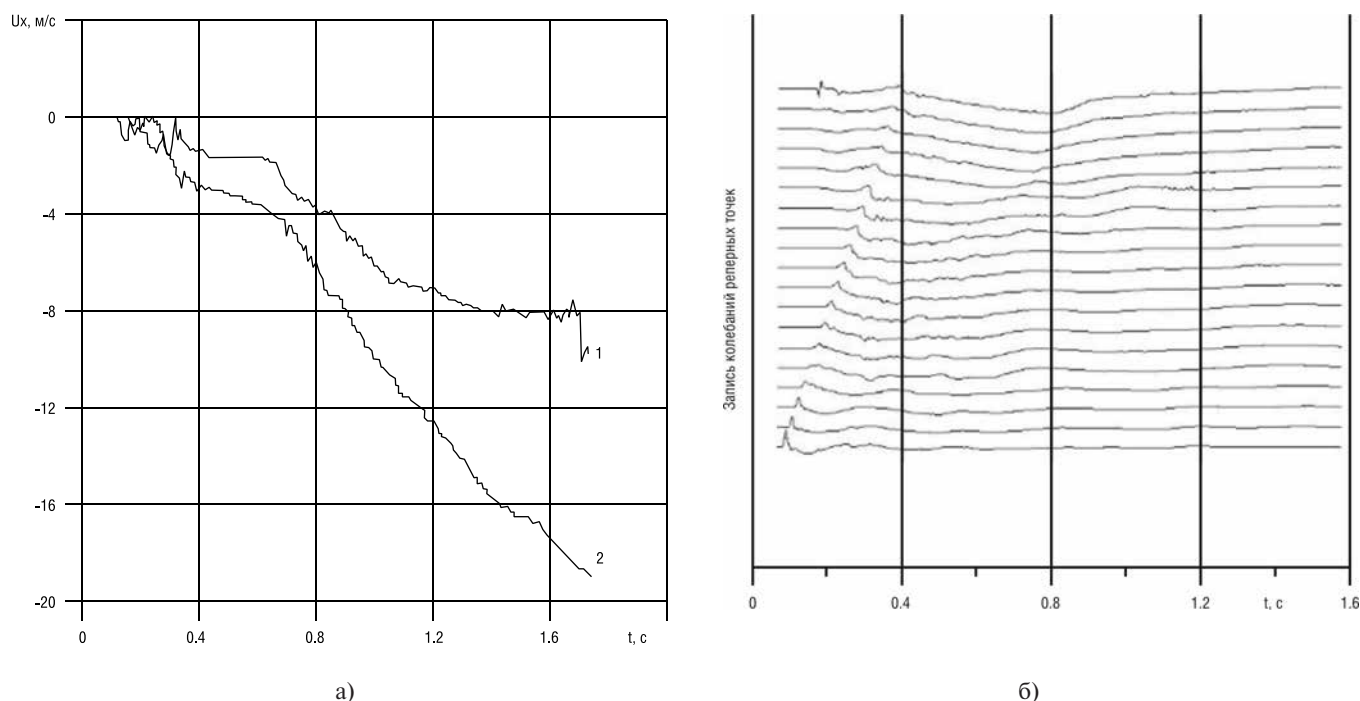


Рис. 5. Расчеты изменения состояния массива во времени: а) горизонтальная скорость реперных точек 1, 2, расположенных на фронтальной части откоса; б) отклик геосреды на взрывные работы – запись рассчитанных изменения вертикальной скорости в датчиках, расположенных в вертикальной измерительной скважине в разрабатываемом массиве / Fig. 5. Calculations of changes in the state of the array over time: a) the horizontal velocity of reference points 1, 2 located on the frontal part of the slope; b) the response of the geo-environment to blasting operations – recording calculated changes in vertical velocity in sensors located in a vertical measuring well in the developed array

месторождения и обеспечивая повышение ее экономических показателей, необходимо особое внимание обратить на безопасность и экологичность производства, как факторов, значение которых усиливается с развитием добычи. Необходим современный, комплексный подход к выбору наиболее оптимального сценария отработки месторождения и выработки окончательной стратегии его освоения.

Наряду с внедрением в управление производством информационных технологий, повышающих эффективность производства, в частности системы Micromine [25], целесообразно привлекать информационные технологии, направленные на решение вопросов безопасности и экологичности. Такие системы созданы в настоящее время. Например, для прогноза моделирования фильтрации и массопереноса в подземной гидросфере разработаны системы ModTech [26], MODLOW [27].

Однако в отношении разработки Горевского месторождения с его уникальностью и сложностью в геологическом, геомеханическом и гидрогеологическом отношениях целесообразно использовать комплексный подход, сочетающий инженерные методы прогноза, основанные на богатом производственном опыте, методы компьютерного моделирования разноплановых задач (сдвигения пород, формирования зон наведенной нарушенности массива, фильтрации, взрывного воздействия) и геомеханический мониторинг. В связи с переходом добычи руд с открытого способа на подземный некоторые принципиальные вопросы междисциплинарных исследований проработаны в ИПКОН и могут быть использованы. Для разработки конкретных рекомендаций такого перехода требуется развитие дополнительных исследований, связанных с анализом конкретных натурных данных и уточнением методологии исследований. ■

ЛИТЕРАТУРА

1. Просняков М.П., Володин Р.Н. Некоторые особенности геологического строения Горевского свинцово-цинкового месторождения. Тр. ЦНИГРИ, вып. 43. М., 1962. С. 141-170.
2. Шерман М.Л. Горевское свинцово-цинковое месторождение / Геологические исследования в Красноярском крае и Тув. АССР. Кызыл: Тув. Книжн. Изд, 1968. С. 32-38.
3. Belokonov G., Frenzel M., Priytkina N.S., Renno A.D., Makarov V., Gutzmer J. Geology and genesis of the giant Gorevskoe Pb-Zn-Ag deposit, Krasnoyarsk Territory, Russia // Econ. Geol. 2021. V. 116. № 3. P. 719-746. DOI: 10.5382/econgeo.4802.
4. Ковалев К.Р., Калинин Ю.А., Лобанов К.В., Наумов Е.А. и др. Горевское полиметаллическое месторождение (Сибирь, Россия): минеральный состав руд и особенности рудоотложения // Геология рудных месторождений. 2023. Т. 65. № 4. С. 302-336.
5. Кислицына А. Горевский ГОК. Философия добычи // Глобус. Геология и бизнес. 2023. № 3 (77). <https://www.vnedra.ru/glavnaya-tema/gorevskij-gok-fil>.
6. Бугреева М.Н., Титов Р.И. Гидрогеохимическая оценка подземных вод Михайловского промрайона КМА // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Геология. 2002. № 2. С. 123-129.

7. Смирнова А.Я., Бочаров В.Л., Лазаренко В.Н. Проблемы рационального недропользования и охраны геологической среды в регионе КМА // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Геология. 1998. №5. С. 156-162.
8. Горные науки. Освоение и сохранение недр Земли / К. Н. Трубецкой, Ю. Н. Малышев, Л. А. Пучков [и др.]; РАН, АГН, РАЕН, МИА. - Москва: АГН, 1997. - 478 с.
9. Трубецкой К.Н., Иофис М.А., Милетенко И.В., Милетенко Н.А. и др. Проблемы комплексного гидрогеологического и геомеханического техногенного воздействия на геосреду. В сборнике: Фундаментальные проблемы формирования техногенной геосреды - Екатеринбург: Институт горного дела УрО РАН, 2012. - С. 23-28.
10. Трубецкой К.Н., Милетенко Н.А. Прогноз гидрогеомеханических процессов при подработке водных объектов // Горный журнал. 2021. №3. С. 73-79.
11. Трубецкой К.Н., Милетенко Н.А., Одинцев В.Н., Федоров Е.В. Охрана водных ресурсов при освоении месторождений твердых полезных ископаемых. Сб. трудов III Междун. форума Экология 2022. Госдума РФ. Минприроды и экологии РФ. - С. 176-182.
12. Трубецкой К.Н., Милетенко Н.А. Негативные последствия взаимовлияния гидрогеологических и геомеханических процессов при освоении недр. В сб. Проблемы и перспективы комплексного освоения и сохранения недр. - М.: ИПКОН РАН, 2014. - С.172-177.
13. Механика сдвижения и разрушения горных пород / С. Д. Викторов, С. А. Гончаров, М. А. Иофис, В. М. Закалинский. - Москва: РАН, 2019. - 360 с.
14. Иофис М.А. Геомеханический мониторинг при освоении недр // Горный вестник. 1997. №4. С. 54-57.
15. Панжин А.А., Сашурин А.Д., Панжина Н.А., Мазуров Б.Т. Геодезическое обеспечение геодинамического мониторинга объектов недропользования // Вестник СГУГиТ. 2016. № 4(36). С. 26-39.
16. Панжин А.А., Сашурин А.Д., Панжина Н.А. Определение напряженно-деформированного состояния массива в районе Кiemбаевского карьера // Маркшейдерия и недропользование. 2019. № 1(99). С. 37-40.
17. Съедина С.А., Абдыкаримова Г.Б., Рахимов Н.Д., Калюжный Е.С. Определение устойчивых параметров бортов и уступов глубоких карьеров на основе комплексных геомеханических исследований // Маркшейдерия и недропользование. 2020. № 1(105). С. 24-30.
18. Шпаков П.С., Юнаков Ю.Л., Боос И.Ю. [и др.]. Расчет устойчивости карьерных откосов Горевского месторождения // Маркшейдерия и недропользование. 2020. № 3(107). С. 40-43.
19. Кыргызбаева Г.М., Кенесбаева А., Садыков Б.Б. [и др.]. Методика ведения мониторинга с использованием спутниковых систем и обработки его результатов // Маркшейдерия и недропользование. 2022. № 1(117). С. 52-54.
20. Касымканова Х.М., Джангулова Г.К. Информационное обеспечение создания ГИС мониторинга устойчивости бортов карьера // Маркшейдерия и недропользование. 2019. № 2(100). С. 46-49.
21. Викторов С.Д., Закалинский В.М., Шиповский И.Е., Мингазов Р.Я. Новый аспект развития и применения взрывных работ в современных условиях разработки месторождений полезных ископаемых // Известия высших учебных заведений // Горный журнал. 2020. № 6. С. 5-13.
22. Викторов С.Д., Закалинский В.М., Шиповский И.Е., Мингазов Р.Я. Концепция развития буровзрывных работ при разработке месторождений полезных ископаемых // Взрывное дело. 2021. № 133-90. С. 100-112.
23. Кочанов А.Н., Одинцев В.Н. Волновое предразрушение монолитных горных пород при взрыве // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. 2016. № 6. С. 38-48.
24. Макаров И.В., Пронский В.А. Опыт использования горно-геологической системы Micromine при оценке экономической эффективности отработки Горевского свинцово-цинкового месторождения // Журнал Сибирского федерального университета. Серия: Техника и технологии. 2013. Т. 6. № 4. С. 374-386.
25. Миронова Ю.Н. Классификация геоинформационных систем // Всероссийская научно-практическая конференция «Геоинформационные системы в современном мире». URL: <http://econfr.iae.ru/article/8413> (20.05.2014).
26. Hariharan V, Uma Shankar M. A review of visual MODFLOW applications in groundwater modelling // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. 2017. Vol. 263 Article ID 032025. DOI:10.1088/1757-899X/263/3/032025.

ЛИТЕРАТУРА

1. Prosnyakov M.P., Volodin R.N. Some features of the geological structure of the Gorevsky lead-zinc deposit. Tr. TSNIGRI, vol. 43. M., 1962. pp. 141-170.
2. Sherman M.L. Gorevskoye lead-zinc deposit / Geological studies in the Krasnoyarsk Territory and Tuv. ASSR. Kyzyl: Tuv. Books. Ed., 1968. pp. 32-38.
3. Belokonov G., Frenzel M., Priitkina N.S., Renno A.D., Makarov V., Gutzmer J. Geology and genesis of the giant Gorevsky Pb-Zn-Ag deposit, Krasnoyarsk Territory, Russia. Economy. Geol. 2021. vol. 116. No. 3. pp. 719-746. DOI: 10.5382/econgeo.4802.
4. Kovalev K.R., Kalinin Yu.A., Lobanov K.V., Naumov E.A. and others. Goryov polymetallic location (Siberia, Russia): International Union of Labor and Employment. The geology of the Renaissance works. 2023. vol. 65. No. 4. pp. 302-336.
5. Kislitsyna A. Gorevsky GOK. The philosophy of mining. Globus. Religion and business. 2023. No. 3 (77). <https://www.vnedra.ru/glavnaya-tema/gorevskij-gok-fil>.
6. Bugreeva M.N., Titov R.I. Hydrogeochemical assessment of groundwater in the Mikhailovsky industrial district of the KMA. Bulletin of the Voronezh State University. Series: Geology. 2002. No. 2. pp. 123-129.
7. Smirnova A.Ya., Bocharov V.L., Lazarenko V.N. Problems of rational subsoil use and protection of the geological environment in the KMA region. Bulletin of the Voronezh State University. Series: Geology. 1998. No.5. pp. 156-162.
8. Mining sciences. Development and preservation of the Earth's interior / K. N. Trubetskoy, Yu. N. Malyshev, L. A. Puchkov [et al.]; RAS, АГН, РАЕН, МИА. - Moscow: АГН, 1997. - 478 p.

9. Trubetskoy K.N., Iofis M.A., Miletenko I.V., Miletenko N.A. and others. Problems of complex hydrogeological and geomechanical technogenic effects on the geo-environment. In the collection: Fundamental problems of the formation of a technogenic geomedium - Yekaterinburg: Institute of Mining, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 2012. - pp. 23-28.
10. Trubetskoy K.N., Miletenko N.A. Forecast of hydrogeomechanical processes during the operation of water bodies. Mining Journal. 2021. No. 3. pp. 73-79.
11. Trubetskoy K.N., Miletenko N.A., Odintsovo N.N., Fedorov E.V. Protection of water resources in the development of deposits of solid minerals. Collection of works in the III International Ecology 2022 Forum. The State Duma of the Russian Federation. Ministry of Natural Resources and Ecology of the Russian Federation. - pp. 176-182.
13. Trubetskoy K.N., Miletenko N.A. Negative consequences of the mutual influence of hydrogeological and geomechanical processes in the development of mineral resources. In the sat. Problems and prospects of integrated development and conservation of mineral resources. - M.: IPKON RAS, 2014. - pp.172-177.
14. Mechanics of displacement and destruction of rocks / S. D. Viktorov, S. A. Goncharov, M. A. Iofis, V. M. Zakalinsky. - Moscow: RAS, 2019. - 360 p.
15. Iofis M.A. Geomechanical monitoring in the development of mineral resources. Gorny vestnik. 1997. No.4. pp. 54-57.
16. Panzhin A.A., Sashurin A.D., Panzhina N.A., Mazurov B.T. Geodetic support for geodynamic monitoring of subsurface use facilities. Bulletin of the SGUGiT. 2016. No. 4(36). pp. 26-39.
17. Panzhin A.A., Sashurin A.D., Panzhina N.A. Determination of the stress-strain state of the massif in the area of the Kiimbaevsky quarry. Surveying and subsoil use. 2019. No. 1(99). pp. 37-40.
18. Sedina S.A., Abdykarimova G.B., Rakhimov N.D., Kalyuzhny E.S. Determination of stable parameters of sides and ledges of deep quarries on the basis of complex geomechanical studies. Surveying and subsoil use. 2020. No. 1(105). pp. 24-30.
19. Shpakov P.S., Yunakov Yu.L., Boos I.Yu. [et al.]. Calculation of stability of quarry slopes of the Gorevskoye field. Surveying and subsoil use. 2020. No. 3(107). pp. 40-43.
20. Kyrgyzbaeva G.M., Kenesbaeva A., Sadykov B.B. [et al.]. Methodology for monitoring using satellite systems and processing its results. Surveying and subsoil use. 2022. No. 1(117). pp. 52-54.
21. Kasymkanova H.M., Dzhangulova G.K. Information support for the creation of GIS for monitoring the stability of quarry sides. Surveying and subsoil use. 2019. No. 2(100). pp. 46-49.
22. Viktorov S.D., Zakalinsky V.M., Shipovsky I.E., Mingazov R.Ya. A new aspect of the development and application of blasting operations in modern conditions of mining of mineral deposits // Izvestia of higher educational institutions. Mining Journal. 2020. No. 6. pp. 5-13.
23. Viktorov S.D., Zakalinsky V.M., Shipovsky I.E., Mingazov R.Ya. The concept of development of drilling and blasting operations in the development of mineral deposits. Explosive business. 2021. No. 133-90. pp. 100-112.
24. Kochanov A.N., Odintsovo V.N. Wave pre-destruction of monolithic rocks during explosion. Physico-technical problems of mining. 2016. No. 6. pp. 38-48.
25. And Makarov V., In Pronsky A. The experience of using the mining and geological system Mycomine in assessing the economic efficiency of mining the Gorevsky lead-zinc deposit. Journal of the Siberian Federal University. Series: Engineering and Technology. 2013. Vol. 6. No. 4. pp. 374-386.
26. Mironova Yu.N. Classification of geoinformation systems / All-Russian scientific and practical conference «Geoinformation systems in the modern world». URL: <http://econf.rae.ru/article/8413> (05/20/2014).
27. Hariharan V., Uma Shankar M. Review of visual MODFLOW applications for groundwater modeling. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. 2017. Volume 263, Article ID 032025. DOI:10.1088/1757-899X/263/3/032025.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Трубецкой Климент Николаевич:

академик РАН,
Советник Президиума РАН,
главный научный сотрудник,
ИПКОН РАН,
г. Москва, Россия

Милетенко Наталья Александровна:

кандидат технических наук,
старший научный сотрудник,
ИПКОН РАН,
г. Москва, Россия,
e-mail: nmilet@mail.ru

Одинцев Владимир Николаевич:

доктор технических наук,
ведущий научный сотрудник,
ИПКОН РАН,
г. Москва, Россия,
e-mail: odintsev.v@ipkonran.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Trubetskoy Kliment Nikolaevich:

Academician of the Russian Academy of Sciences,
Advisor to the Presidium of RAS,
Chief Researcher,
IPKON RAS,
Moscow, Russia

Miletenko Natalya Aleksandrovna:

Candidate of Technical Sciences,
Senior Researcher,
IPKON RAS,
Moscow, Russia,
e-mail: nmilet@mail.ru

Odintsev Vladimir Nikolaevich:

Doctor of Technical Sciences,
Leading Researcher,
IPKON RAS,
Moscow, Russia,
e-mail: odintsev.v@ipkonran.ru

Шиповский Иван Евгеньевич:

кандидат технических наук,
старший научный сотрудник,
ИПКОН РАН,
г. Москва, Россия,
e-mail: shipovskiy_i@ipkonran.ru

Shipovsky Ivan Evgenievich:

Candidate of Technical Sciences,
Senior Researcher,
IPKON RAS,
Moscow, Russia,
e-mail: shipovskiy_i@ipkonran.ru

ВКЛАД АВТОРОВ / CONTRIBUTION:

Трубецкой К.Н. — идея исследований, оценка результатов; Милетенко Н.А. — постановка задачи, анализ данных; Одинцев В.Н. — анализ состояния исследований, методология исследований; Шиповский И.Е. — компьютерное моделирование, техническая коррекция графических материалов. / Trubetskoy K.N. — research idea, evaluation of results; Miletenko N.A. — task setting, data analysis; V.N. Odintsev — analysis of the state of research, research methodology; Shipovsky I.E. — computer modeling, technical correction of graphic materials

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ / CONFLICT OF INTEREST:

Авторы заявляют об отсутствии конфликтов интересов / The authors declare no conflict of interest.



ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Императорский Томский университет был основан в 1878 году — первым на территории Сибири и Дальнего Востока. Сегодня Томский государственный университет — ведущий классический университет исследовательского типа, признанный центр науки, образования и инноваций. Он входит в топ-300 ведущих университетов мира по рейтингу QS (272 место в мире и 4 среди российских вузов), в Золотую лигу Round University Ranking (в тройке лучших вузов РФ).

Годом рождения ГГФ считается 1933-й, когда в ТГУ был организован геолого-почвенно-географический факультет, но при этом подготовка геологов и географов в университете началась в 1917 году на естественном (геолого-географическом) отделении физмата, параллельно с ТТИ (сейчас Томский политехнический университет). А это значит, что Томский Государственный Университет занимается обучением высококласных специалистов уже больше 100 лет.

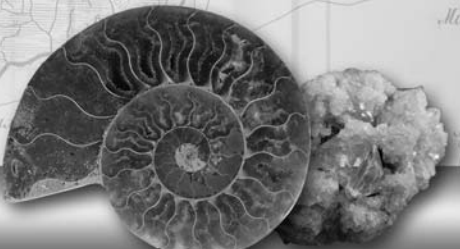
Сегодня факультет готовит профессиональных геологов, географов, гидрологов, метеорологов, природопользователей, геоэкологов, деятельность которых основана на использовании всей совокупности знаний, накопленных человечеством, и является базой мировоззренческих наук о Земле.

В 2008 году учёные Геолого-географического факультета открыли новый род динозавров — сибиротитан (*Sibiroripitan*), длина которого могла достигать 20 метров, а вес 50 тонн.

Специалисты геолого-географического факультета ТГУ совместно с коллегами из Карлтонского университета (Канада) составляют детальные карты фрагментов поверхности Венеры.

Сотрудниками кафедры минералогии и геохимии в 2014 году открыты новые минералы: ферро-педрисит и россковскийит.

Адрес: 634050, Томск, пр.Ленина 36, ауд. 128;
телефоны: 8 (3822) 529-772;
e-mail: pk@mail.tsu.ru




WWW.N-GN.RU