УДК 624.131.3 DOI: 10.21440/0536-1028-2020-7-83-91

Этапность изучения инженерно-геологических условий месторождений полезных ископаемых от разведки до отработки

Абатурова И. В.[1]*, Савинцев И. А.[1], Стороженко Л. А.[1], Нугманова Э. Д.[2], Козлов В. С.[2]

[1] Уральский государственный горный университет, г. Екатеринбург, Россия

[2] Компания «ГИНГЕО», г. Екатеринбург, Россия

e-mail: gingeo@mail.ru

Реферат

Введение. *Разработка месторождений полезных ископаемых (МПИ) оказывает сильное преобразующее воздействие на геологическую среду. При этом активно изменяются все составляющие инженерно-геологических условий (ИГУ), сформировавшиеся в течение длительного времени: рельеф, структура массивов горных пород, гидрогеологические и геокриологические условия, активизируются геологические процессы и формируются горно-геологические, при этом на поверхности Земли образуются новые толщи техногенных образований, а зачастую и техногенные месторождения. Масштабы техногенеза в горном деле на сегодняшний день соизмеримы с результатами геологической деятельности, протекавшей на протяжении многих миллионов лет. Поэтому еще на ранних этапах изучения ИГУ МПИ необходимо понимание динамики изменения ИГУ с целью предусмотрения предварительных защитных мероприятий.*

Цель работы. *Рассмотрение ярких примеров динамики ИГУ МПИ (от разведки до отработки) с целью предусмотрения методов управления этими изменениями.*

Методология. *Рассмотрена этапность получения инженерно-геологической информации на период функционирования МПИ, которая позволит решить проблемы рационального использования недр и охраны геологической среды.*

Результаты. *На примере ряда объектов обозначены все этапы изучения ИГУ, рассмотрена динамика их изменения, которая привела к формированию инженерно-геологических процессов, неблагоприятно влияющих на дальнейшую отработку МПИ.*

Выводы. *Реакция геологической среды при разработке МПИ выражается в развитии масштабных инженерно-геологических процессов, которые зачастую не позволяют производить дальнейшую отработку МПИ и угрожают жизни людей. Поэтому еще на ранних этапах изучения ИГУ МПИ необходимо понимание динамики изменения ИГУ с целью предусмотрения предварительных защитных мероприятий.*

Ключевые слова: *инженерно-геологические условия; месторождения полезных ископаемых; динамика инженерно-геологических процессов.*

Введение. Инженерно-геологические условия (ИГУ) представляют собой целостную систему взаимосвязанных компонентов, определяющую сложность разработки месторождения, характер и масштабы изменений геологической среды под влиянием процессов горного производства [1].

Активное внедрение горного производства в верхние слои земной коры нарушает природное равновесие, сложившееся за миллионы лет, в результате чего возникает ряд изменений (процессов), имеющих геологическую природу (развитие экзогенных геологических процессов), которые осложняют технологию горного производства, угрожают жизни и здоровью людей, наносят вред окружающей среде [2].

Методика проведения исследования. Изучение закономерностей ИГУ, сформированных в геологическом времени, должно вестись последовательно, что по-

зволит установить их на этапе геологоразведочных работ и отследить динамику их изменения на этапе разработки месторождения с необходимой надежностью [3].

Последовательность изучения включает в себя три этапа (рис. 1):

первый – получение информации на стадии геологоразведочных работ;

второй – получение информации на стадии вскрытия;

третий – получение информации на стадии эксплуатации и рекультивации.

Результатом первого этапа изучения естественных закономерностей ИГУ и их взаимодействия с горными работами должна являться базовая инженерно-геологическая модель, которая на последующих этапах изучения будет основой для проведения расчетов конструктивных параметров карьеров и отвалов, изменения горного давления, а также крепления горных выработок [4].

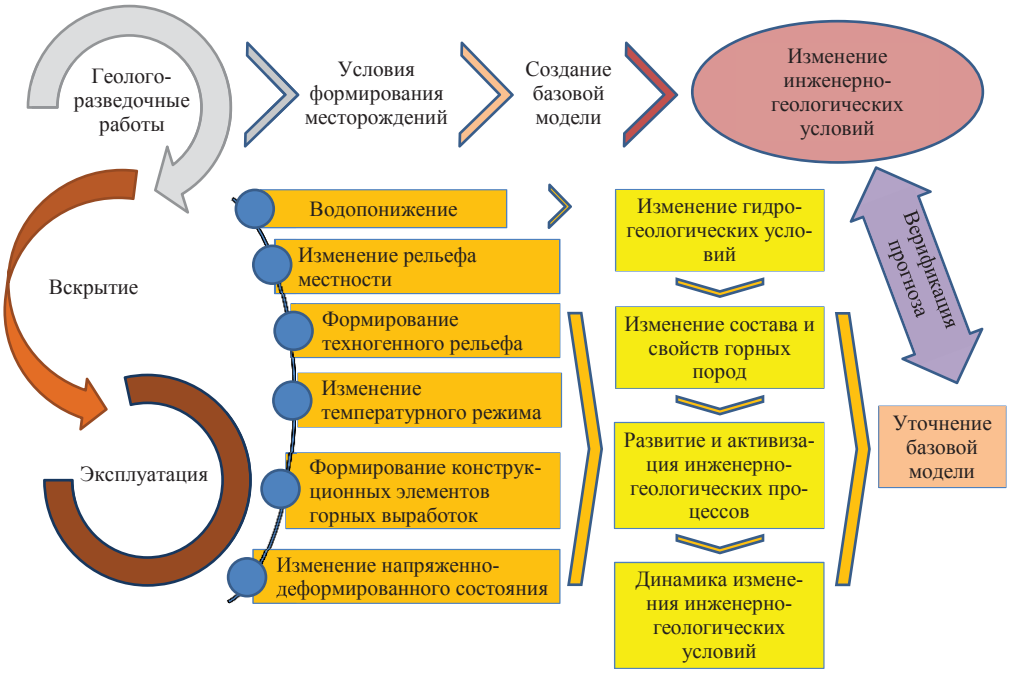

Рис. 1. Изменение инженерно-геологических условий на этапе изучения и развития
Fig. 1. Change in engineering and geological conditions at the stage of study and development

На втором и третьем этапах вскрытия и эксплуатации горных выработок необходимо проведение комплексного мониторинга с целью уточнения базовой модели ИГУ [5].

Повышение надежности геологического обоснования при решении ряда горно-геологических задач может стать вкладом инженерной геологии в разработку общей проблемы рационального использования недр и охраны геологической среды [6].

Техногенные воздействия при освоении МПИ проявляются в очень разнообразных формах, но из этого многообразия можно выделить три основные:

– формирование сфер влияния значительных размеров, что приводит к изменению естественного напряженного состояния огромных объемов горных пород;

– образование значительных площадей, вскрытых горными выработками пород, которые являются конструктивными элементами горных сооружений;

– воздействие на обнажившиеся массивы горных пород атмосферных осадков, температуры, взрывов, активизация процессов выветривания и т. д. [7].

Результаты. Рассмотрим динамику изменения инженерно-геологических условий на ряде объектов.

Месторождение хромитов Центральное (Полярный Урал). На этапе создания базовой инженерно-геологической модели месторождения (на стадии разведки) было установлено, что массив горных пород, вмещающий месторождение, сложен прочными и средней прочности дунитами и слаботрещиноватыми гарцбургитами. Породы относятся к категории морозных с температурами –1,5 °С…–2,0 °С. Гидрогеологические условия определяются наличием маломощного сезонно существующего горизонта надмерзлотных вод. Особенностью инженерно-геологических условий месторождения является наличие зон ослабления двух типов. Первый тип представлен системной трещиноватостью. Падение систем трещин совпадает с направлениями падения западного, юго-западного и северо-западного бортов карьера. Поверхности таких трещин покрыты корочками серпентинита, талька, кеммерретита. Поверхности трещин отличает низкое удельное сцепление, которое при водонасыщении падает до 0. Второй тип – это зоны раздробленных пород с блочностью от 2 до 5 см. Такие зоны приурочены к зонам тектонических нарушений [8].

Промышленная отработка запасов месторождения была начата в 2004 году и закончена в 2017 на глубине более 200 м. Еще в процессе открытой отработки в карьере начали формироваться инженерно-геологические процессы – обрушение блоков по плоскостям скольжения, по принципу опрокидывания и тектоническому клину.

К настоящему времени полностью завершена отработка запасов карьером, добыча ведется подземными горными выработками (штольнями) на более глубоких горизонтах. После окончания эксплуатации открытой горной выработки глубиной 200 м, площадью 0,5 км^2 была создана прибортовая зона шириной до 120 м, где увеличилась степень трещиноватости пород, формируются закольные трещины, идет активное погашение бортов карьера, в самом карьере инженерно-геологические процессы стали развиваться масштабно и затронули все борта (рис. 2).

Изменения геокриологических условий вокруг карьера проявлены в увеличении глубины сезонного слоя оттаивания: отметка с глубины 3,5 м увеличилась до 6,0 м за счет раскрытия трещин и образования новых. Строительство карьера привело к изменению естественного рельефа и образованию техногенных отвалов. В свою очередь, образовавшееся понижение в рельефе (карьер) привело к изменению гидрогеологических условий, а именно скоплению поверхностных и дренажных вод на дне карьера. Сложившаяся гидрогеологическая обстановка может оказывать существенное влияние на ИГУ залегающих под карьером подземных горных выработок.

Отработка месторождения Пуросан, расположенного на Южном Урале, проводится открытым способом. На стадиях разведки было установлено двухэтажное строение массива пород: нижний структурный этаж сложен эффузивными породами и их пирокластическими разностями – это альбитофиры кварцевые и фельзитовые, которые переслаиваются с диабазами, породы изменены процессами динамометаморфизма и гидротермальными процессами до состояния кварц-серицитовых и кварцево-хлорит-серицитовых сланцев, характеризуются разной степенью прочности – от средней до низкой, интенсивно трещиноваты и рассланцованы. В результате процессов выветривания сформировались древние элювиальные образования – суглинки, глины пестроцветные, перекрытые сверху глинистыми образованиями Светлинской свиты. Породы нижнего этажа интенсивно рассланцованы и трещиноваты.

Зоны рассланцевания и коры выветривания сформировали зоны ослабления, и – как результат – формирование значительных по масштабам оползневых подви-

жек, затронувших автомобильную дорогу и линию электропередач (рис. 3). Глубина карьера составляет 70–100 м, прибортовая зона, в которой формируются закольные трещины и развивается оползень, увеличила диаметр карьера на 50 м. Отвалы, размещенные непосредственно на борту карьера, также способствуют активизации оползневых подвижек.

Контуры развития инженерно-геологических процессов

Рис. 2. Естественный процесс погашения бортов карьера с активным развитием инженерно-геологических процессов
Fig. 2. The natural process of redeeming the sides of the quarry with the active development of engineering and geological processes

Таким образом, и здесь ярко выражена динамика ИГУ – изменение естественного и формирование техногенного рельефа, изменение напряженно-деформированного состояния (НДС) пород, режима подземных вод, изменение состава, состояния и свойств пород и развитие инженерно-геологических процессов (ИГП).

Месторождения Кабан I, II, III, V, VII расположены в пределах Кабанской рудоносной полосы (Северный Урал). Их разработка была завершена в 1964 году. По проекту предусматривался комбинированный способ отработки месторождений Кабан V и I и подземный способ на Кабане II, причем на Кабане V и I предусматривалось строительство самостоятельных шахтных комплексов. Фактически строительство шахтного ствола не производилось. В результате в настоящее время существует разведочная шахта на месторождении Кабан II и комплекс подземных горных выработок, соединяющих между собой практически полностью отработанный комбинированным способом до глубины 90 м Кабан V и отработанный в настоящее время Кабан I.

В непосредственной близости от карьеров расположены отвалы, в которых в большом количестве отмечаются медноколчеданные некондиционные руды. По своему гипсометрическому положению карьеры являются приемником подземных, поверхностных и подотвальных вод. В современных условиях сложи-

лось динамическое равновесие между притоком воды в карьер и оттоком кислой (pH = 2–3) рудничной воды из него. Отток воды из карьеров происходит по трем логам в северо-восточном направлении. Здесь на всем протяжении потока разгружающихся карьерных вод практически уничтожена лесная растительность.

С инженерно-геологических позиций массив пород месторождений имеет двухэтажное строение: нижний этаж сложен прочными и средней прочности кварц-серицитовыми сланцами и альбитофирами, верхний – элювиальными образованиями. Элювиальные образования представлены суглинками, глинами с включениями сильновыветрелых обломков, над рудной зоной выделяется кварцевая и пиритная сыпучка и кавернозные полускальные бурые железняки.

Рис. 3. Формирование закольных трещин
Fig. 3. Formation of puncture cracks

На период 2011 года обследование карьера Кабан V показало развитие инженерно-геологических процессов. Активизация всех видов обрушений связана с поступающими в карьер поверхностными и подземными водами, а также современными процессами выветривания [9].

Выполненное инженерно-геологическое обследование карьера показало развитие инженерно-геологических процессов, причем деформации характерны для верхних уступов.

Основными видами деформаций являются [10]:

– оплывины, покровные оползни – поверхность скольжения имеет вид плавной кривой в нижней и средней частях, а вверху она заканчивается вертикальной трещиной отрыва; причиной возникновения таких оползней являются поверхностные воды, которые увеличивают водонасыщенность пород;

– промоины – формирование которых связано с эрозионной деятельностью поверхностных вод; отмечаются как единичные, так и целые системы параллельных промоин.

Анализ динамики изменения гидрогеологических и инженерно-геологических условий показал изменение химического состава воды за счет активного поступления подотвальных вод и процессов окисления в карьере, развитие инженерно-геологических процессов, увеличивающих размеры карьера, за счет процессов оползания, изменение состава почв, растительности.

Месторождение Дражное. Территория месторождения находится в пределах Оймяконского улуса республики Саха (Якутия). Рельеф низкогорный, пологоувалистый с абсолютными отметками от 740 до 1250 м. Месторождение расположено в зоне развития сплошной многолетней мерзлоты, мощностью более 300 м и температурами пород –6 °С…–9 °С. В геологическом строении месторождения выделяется два структурных этажа: верхний сложен дисперсными породами разной степени льдистости и льдом. Их сложное фациальное замещение как по глубине, так и по латерали, и невозможность их расчленения дали возможность назвать их «ледовым комплексом» [11]. Нижний ярус представлен алевролитами верхнего триаса, окварцованными, малопрочными, средней прочности и прочными, морозными.

Рис. 4. Формирование вывалов и осыпей в бортовых частях карьера Дражный
Fig. 4. Formation of dumps and screes in the side parts of the Drazhny quarry

Особенности строения нижнего структурного этажа имеют выраженные черты анизотропии и неоднородности, обусловленные степенью трещиноватости, раздробленности, рассланцевания пород, наличием неблагоприятно ориентированных зон и поверхностей ослабления, морфологией стенок трещин.

Структурно-тектоническое строение месторождения характеризуется как мозаичное, при котором структурно неоднородные области разделяются зонами смятия или участками повышенной трещиноватости и раздробленности. На фоне общего северо-западного простирания пород с моноклинальным залеганием выделяются участки крутозалегающего субмеридионального простирания, складчатости с ундулирующими шарнирами. Складчатое залегание нарушено крутопадающими хрупко-пластическими зонами и зонами ослабления. Сместители мелких трещин перемежаются с участками рассланцевания пород, перетертых до тонких тектонических глин, и сопровождаются зонками брекчирования и катаклаза мощностью от 0,5 до 1,0 м. Зоны рассланцевания часто приурочены к сводовым частям мелких антиклинальных складок, где алевролиты перетерты до глин.

Сложное геолого-структурное строение массива пород месторождения еще на этапе геологоразведочных работ указывало на необходимость его учета при выборе углов наклона бортов карьера. С 2014 года массив пород месторождения был вскрыт открытой горной выработкой, на сегодняшний момент глубина карьера составляет 100 м, занимаемая площадь – 0,7 км^2. На поверхности накоплены отвалы площадью 5,2 км^2, высотой до 40,0 м.

Обследование карьера в 2019 году показало динамику изменения ИГУ, которая выражается в интенсивном развитии значительных по объему осыпей, которые в верхней зоне карьера покрывают практически полностью предохранительные бермы; наличие системной трещиноватости, сопровождаемой зеркалами скольжения и совпадающей с падением бортов карьера, приводит к образованию вывалов (рис. 4), скольжению блоков, что делает работу горнотранспортного оборудования и людей небезопасной [12].

Вокруг карьера сформирована прибортовая зона шириной до 50 м, где изменено естественное напряженно-деформированное состояние пород и развиваются закольные трещины.

Раскрытие существующих трещин и формирование новых привело в весенне-летний период к изменению мерзлотно-гидрогеологической обстановки и накоплению поверхностных вод в карьере.

В накопленных отвальных массах происходит агрегация льда, что меняет физико-механические свойства пород и может способствовать деформациям отвалов.

Выводы. Таким образом, анализ инженерно-геологических условий месторождений полезных ископаемых на этапах разведки-отработки показал, что в результате техногенного воздействия значительно изменяются инженерно-геологические условия, что выражается в изменениях абсолютных отметок рельефа, гидрогеологических условий, физико-механических свойств пород, степени и характера трещиноватости, глубины слоя сезонного оттаивания; увеличивается зона влияния карьерной выемки; происходит деградация и агрегация многолетнемерзлых пород; меняются геокриологические условия.

Реакция геологической среды не заставляет себя ждать и выражается в развитии масштабных инженерно-геологических процессов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Абатурова И. В. и др. Проблемы получения геологической информации при проведении инженерно-геологических изысканий //13th Conference and Exhibition Engineering Geophysics 2017. 2017. С. 1–7. DOI: 10.3997/2214-4609.201700376

2. Наумов В. А. Концепция управления формированием месторождений на примере техногенных россыпей золота // Естественные и технические науки. 2010. № 2. С. 262–265.

3. Waltham T. Foundations of engineering geology. CRC Press, 2014. 780 p.

4. Шинкарюк В. А. Прогнозирование устойчивости горного массива в процессе проходки горных выработок // ГИАБ. 2013. № 4(1). С. 93–101.

5. Pisetsky V., Lapin S., Vlasov V. The problems and the results of practical application of seismic monitoring and risk assessment of hazardous processes in underground conditions //12th Conference and Exhibition Engineering Geophysics 2016. P. 367–374. DOI: 10.3997/2214-4609.201600344

6. McLean A. C., Gribble C. D. Geology for civil engineers. Publication of: Allen (George) and Unwin. 2005. 348 p.

7. Mokhtari S. et al. Experimental study of sinkhole failure related to groundwater level drops // Journal of Testing and Evaluation. 2019. Vol. 48. No. 6. P. 48–49.

8. Звонарев Е. А. Стадийность изучения инженерно-геологических условий месторождений полезных ископаемых с целью обеспечения безопасного проведения горных работ // Известия вузов. Горный журнал. 2020. № 3. С. 61–69. DOI: 10.21440/0536-1028-2020-3-61-69

9. Bobrov D. V., Pisetskiy V. B., Tomin M. N. Geological and geophysical assessment of eluvial soils as the foundations of buildings and structures // Engineering and Mining Geophysics 2018. 2018. P. 1–7.

10. Bell F. G. Engineering geology and geotechnics. Elsevier, 2013. 504 p.

11. Калабин А. И. Вечная мерзлота и гидрогеология Северо-Востока СССР // Труды ВНИИ-1. 1960. Т. 18. С. 18–27.

12. Нугманова Э. Д. и др. Анализ природных и техноприродных процессов на объектах транспортной инфраструктуры Тарынского хаба // Engineering and Mining Geophysics 2019 – 15th Conference and Exhibition Engineering and Mining Geophysics 2019. Gelendzhik, 2019. P. 1–7.

Поступила в редакцию 26 мая 2020 года

Сведения об авторах:

Абатурова Ирина Валерьевна – доктор геолого-минералогических наук, профессор кафедры гидрогеологии, инженерной геологии и геоэкологии Уральского государственного горного университета. E-mail: gingeo@mail.ru
Савинцев Иван Андреевич – кандидат геолого-минералогических наук, доцент кафедры гидрогеологии, инженерной геологии и геоэкологии Уральского государственного горного университета. E-mail: gingeo@mail.ru
Стороженко Любовь Александровна – кандидат геолого-минералогических наук, заведующая кафедрой защиты в чрезвычайных ситуациях Уральского государственного горного университета. E-mail: stor_luba@mail.ru
Нугманова Эльвина Дамировна – инженер-геолог «ГИНГЕО», аспирант кафедры гидрогеологии, инженерной геологии и геоэкологии Уральского государственного горного университета. E-mail: nugmanova_elvina@mail.ru
Козлов Владислав Сергеевич – инженер-геолог «ГИНГЕО», инженер кафедры гидрогеологии, инженерной геологии и геоэкологии Уральского государственного горного университета. E-mail: mr.vkla@mail.ru

DOI: 10.21440/0536-1028-2020-7-83-91

Sequence of studying engineering and geological conditions of mineral deposits from exploration to development

Irina V. Abaturova[1], Ivan A. Savintsev[1], Liubov A. Storozhenko[1], Elvina D. Nugmanova[2], Vladislav S. Kozlov[2]
[1] Ural State Mining University, Ekaterinburg, Russia.
[2] Hydrogeology, Engineering Geology and Geoecology LLC, Ekaterinburg, Russia.

Abstract

Introduction. *The development of mineral deposits (MD) has a strong transformative effect on the geological environment. Actively change all the components of engineering-geological conditions (EGC), formed during the long geological time: the topography, structure of rocks, hydrogeological and permafrost conditions, are formed by geological processes and, at the same time on the surface of the Earth formed a new strata of man-made structures, and often man-made deposits. The scale of technogenesis in mining today is comparable to the results of geological activity that took place over many millions of years. Therefore, even at the early stages of studying the EGC MD, it is necessary to understand the dynamics of changes in the EGC in order to provide preliminary protective measures.*

Purpose of work. *Consideration of striking examples of the dynamics of the EGC MD (from exploration to development), in order to provide methods for managing these changes.*

Methodology. *The article considers the stages of obtaining engineering and geological information for the period of MD operation, which will solve the problems of rational use of the subsoil and protection of the geological environment.*

Results*. For example, the number of objects marked all the stages of learning to yoke the dynamics of their changes, which led to the formation of engineering-geological processes that adversely affect the further testing of MD.*

Summary*. The reaction of the geological environment in the development of MD is not long in coming and is expressed in the development of large-scale engineering and geological processes, which often do not allow further development of MD and threaten people's lives. Therefore, even at the early stages of studying the EGC MD, it is necessary to understand the dynamics of changes in the EGC in order to provide preliminary protective measures.*

Key words: *engineering-geological conditions; mineral deposits; dynamics of engineering-geological processes.*

REFERENCES

1. Abaturova I. V. et al. Problems of obtaining geological information during engineering and geological surveys. In: *13th Conference and Exhibition Engineering Geophysics 2017*. 2017. P. 1–7. (In Russ.)
2. Naumov V. A. The concept of managing the formation of deposits on the example of technogenic placers of gold. *Estestvennye i tekhnicheskie nauki = Natural and Technical Sciences*. 2010; 2: 262–265. (In Russ.)
3. Waltham T. Foundations of engineering geology. CRC Press, 2014. 780 p.

4. Shinkaryuk V. A. Prediction of rock mass stability in the process of sinking mining. *Gornyi informatsionno-analiticheskii biulleten (nauchno-tekhnicheskii zhurnal) = Mining Informational and Analytical Bulletin (scientific and technical journal)*. 2013; 4(1): 93–101. (In Russ.)

5. Pisetsky V., Lapin S., Vlasov V. The problems and the results of practical application of seismic monitoring and risk assessment of hazardous processes in underground conditions. In: *12th Conference and Exhibition Engineering Geophysics 2016*. 2016. P. 367–374.

6. McLean A. C., Gribble C. D. *Geology for civil engineers*. Allen (George) and Unwin Publishing; 2005. 348 p.

7. Mokhtari S. et al. Experimental Study of Sinkhole Failure Related to Groundwater Level Drops. *Journal of Testing and Evaluation*. 2019; 6: 48–49.

8. Zvonarev E. A. Step-by-step investigation of engineering and geological conditions of mineral deposits for safe mining. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Gornyi zhurnal = News of the Higher Institutions. Mining Journal*. 2020; 3: 61–69 (In Russ.)

9. Bobrov D. V., Pisetskiy V. B., Tomin M. N. Geological and geophysical assessment of eluvial soils as the foundations of buildings and structures. *Engineering and Mining Geophysics 2018*. 2018. P. 1–7.

10. Bell F. G. *Engineering geology and geotechnics*. Elsevier; 2013. 504 p.

11. Kalabin A. I. Permafrost and hydrogeology of the North-East of the USSR. *Transactions of VNII*. 1960; 18: P. 18–27. (In Russ.)

12. Nugmanova E. et al. Analysis of natural and techno-natural processes at the facilities of the transport infrastructure of the Taryn hub. In: *Engineering and Mining Geophysics 2019 – 15th Conference and Exhibition Engineering and Mining Geophysics 2019*. Gelendzhik; 2019. P. 1–7. (In Russ.)

Received 26 May 2020

Information about authors:

Irina V. Abaturova – DSc (Geology and Mineralogy), Professor of the Department of Hydrogeology, Engineering Geology and Geoecology, Ural State Mining University. E-mail: gingeo@mail.ru
Ivan A. Savintsev – PhD (Geology and Mineralogy), associate professor of the Department of Hydrogeology, Engineering Geology and Geoecology, Ural State Mining University. E-mail: gingeo@mail.ru
Liubov A. Storozhenko – PhD (Geology and Mineralogy), Head of the Department of Protection in Emergency Situations, Ural State Mining University. E-mail: stor_luba@mail.ru
Elvina D. Nugmanova – engineer-geologist of LLC "GINGEO", PhD student, Department of Hydrogeology, Engineering Geology and Geoecology, Ural State Mining University. E-mail: nugmanova_elvina@mail.ru
Vladislav S. Kozlov – engineer geologist of LLC "GINGEO", engineer of the Department of Hydrogeology, Engineering Geology and Geoecology, Ural State Mining University. E-mail: mr.vkla@mail.ru

Для цитирования: Абатурова И. В., Савинцев И. А., Стороженко Л. А., Нугманова Э. Д., Козлов В. С. Этапность изучения инженерно-геологических условий месторождений полезных ископаемых от разведки до отработки // Известия вузов. Горный журнал. 2020. № 7. С. 83–91. DOI: 10.21440/0536-1028-2020-7-83-91
For citation: Abaturova I. V., Savintsev I. A., Storozhenko L. A., Nugmanova E. D., Kozlov V. S. Sequence of studying engineering and geological conditions of mineral deposits from exploration to development. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Gornyi zhurnal = News of the Higher Institutions. Mining Journal*. 2020; 7: 83–91 (In Russ.). DOI: 10.21440/0536-1028-2020-7-83-91