НАУКИ О ЗЕМЛЕ

DOI: 10.26730/1999-4125-2018-6-5-14

УДК 624.131

ХАРАКТЕРИСТИКА ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ПЛОЩАДКИ РЕМОНТНО-СКЛАДСКОГО ХОЗЯЙСТВА ПРИ ОСВОЕНИИ ЭЛЬГИНСКОГО УГОЛЬНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЯКУТИИ

CHARACTERISTICS OF ENGINEERING-GEOLOGICAL CONDITIONS OF THE OF THE REPAIR AND STORAGE SITE OF ELGA COAL FIELD IN YAKUTIA

Строкова Людмила Александровна,
доктор геолого-минералогических наук, профессор, e-mail: strokova@sibmail.com
Lyudmila A. Strokova, Dr. Sc., professor
Дмитриева София Алексеевна,
аспирант, e-mail: dmitrieva_sa93@mail.ru
Sofia A. Dmitrieva, postgraduate student

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
National Research Tomsk Polytechnic University, 30, Lenin Avenue, Tomsk, 634050, Russian Federation

Аннотация: *Район исследования расположен в пределах Эльгинского угольного месторождения в Нерюнгринском районе Республики Саха (Якутия). Активное освоение месторождения, имеющего стратегическое значение для экономики страны, началось в 2011 г. Освоение месторождения началось со строительства автомобильных дорог, подъездной железнодорожной линии «Улак-Эльга». В настоящее время с введением железнодорожного пути начинается строительство производственной инфраструктуры, вахтового поселка, обогатительной фабрики и теплоэлектростанции. В статье проведена оценка инженерно-геологических условий одного из объектов обустройства, а именно площадки ремонтно-складского хозяйства. Данное исследование включает в себя краткий обзор соответствующей литературы, анализ информации, полученной из фондов изыскательской компании, определение признаков и методики районирования. Рассмотрены основные компоненты геологической среды, такие как литологический состав, геоморфологические и тектонические условия, физико-механические свойства пород, гидрологические и мерзлотно-гидрогеологические условия района. Все информационные слои о природной среде обрабатывались, затем объединялись для получения единой инженерно-геологической карты. Выполнено районирование территории по степени благоприятности для размещения сооружений. На карте выделены три категории районов, такие как благоприятные, приемлемые и неблагоприятные условия для размещения объектов ремонтно-складского хозяйства.*

Ключевые слова: *карьерная добыча, грунт, уголь, геологический процесс, физико-механические свойства, районирование.*

Abstract: *The study area is located within the Elga coal field in the Neryungri district of the Republic of Sakha (Yakutia), Russia. The active development of the coal deposit, which is of strategic importance for the economy of the country, began in 2011. The development of the deposit began with the construction of roads, an access railway line "Ulak-Elga". At present, with the introduction of the railway track, the construction of production infrastructure, shift camp, coal-preparation and thermal power plants begins. The article assesses the engineering-geological conditions of the site of repair and storage facilities. This study includes a brief review of relevant literature, and a summary of information obtained from geological survey company files, the definition of the characteristics and techniques of zoning. The main components of the geological environment, such as lithological composition, geomorphological and tectonic conditions, physical and mechanical properties of rocks and soils, hydrological and permafrost-hydrogeological conditions of the area are considered. All infor-*

mation layers about the natural environment were manipulated and combined to produce uniform engineering geological map. We made a zoning of the territory on the the degree of favorability for the placement of facilities. The zoning map shows three different zones such as favourable, acceptable and unfavourable conditions for building construction.

Keywords: *open-pit mining, soil, coal, geological process, physical and mechanical properties, zoning.*

Актуальность работы (The urgency of the discussed issue): Активное освоение Эльгинского угольного месторождения, имеющего стратегическое значение для экономики страны, началось в 2011 г. Эльгинское месторождение каменного угля расположено в Якутии, вблизи границ Амурской области и Хабаровского края. Запасы угля на разрабатываемом Северо-Западном участке месторождения составляют 2,078 млрд т коксующегося и энергетического угля. К 2025 г. проектная мощность Эльгинского разреза по объемам добычи угля достигнет 27 млн т угля в год. В течении последних десяти лет появились работы по исследованию горных пород Эльгинского угольного месторождения, влияния добычи на окружающую среду [1-5].

1. Разработка месторождения на неосвоенной труднодоступной территории с суровыми природно-климатическими условиями сопряжена с многочисленными вызовами, такими как неоднородность инженерно-геологических условий, прерывистое распространение многолетнемерзлых пород, широкое развитие элювиальных грунтов. Одним из перспективных методов оценки неоднородностей геологической среды является инженерно-геологическое районирование территории. Технология инженерно-геологического районирования подробно изложена в работах [6-8]. Этот метод позволяет решать много задач по планированию землепользования, поэтому давно и широко используется в мире. Однако определение признаков и методики районирования в каждом конкретном случае является уникальным в зависимости от поставленных целей, тематики исследований, особенностей территории.

2.

Цель работы (The main aim of the study):

Целью данного исследования является описание инженерно-геологических и гидрогеологических условий промплощадки, экзогенных геологических процессов, которые могут быть актуальны для установления пригодности территории к застройке. Для этого необходимо рассмотреть основные природные компоненты геологической среды, влияющие на планирование и развитие землепользования: литология, топография, сейсмотектоника, геотехника, гидрология, гидрогеология и вечная мерзлота.

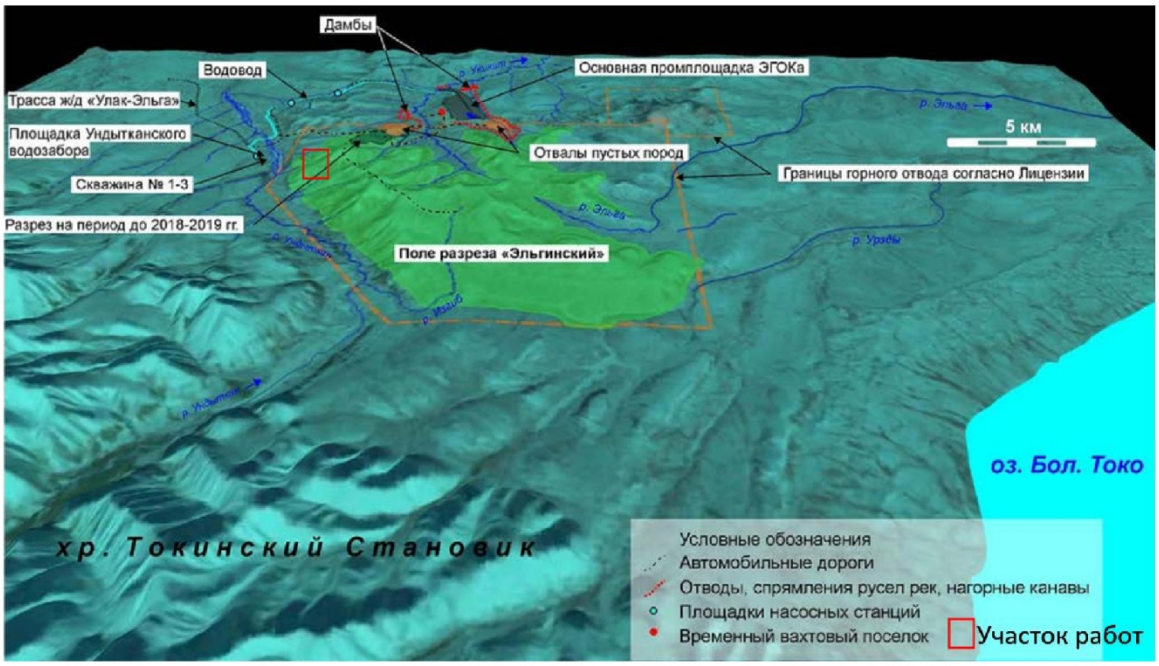

Рис. 1. Основные объекты Эльгинского комбината [5]
Fig. 1. The main objects of the Elga plant [5]

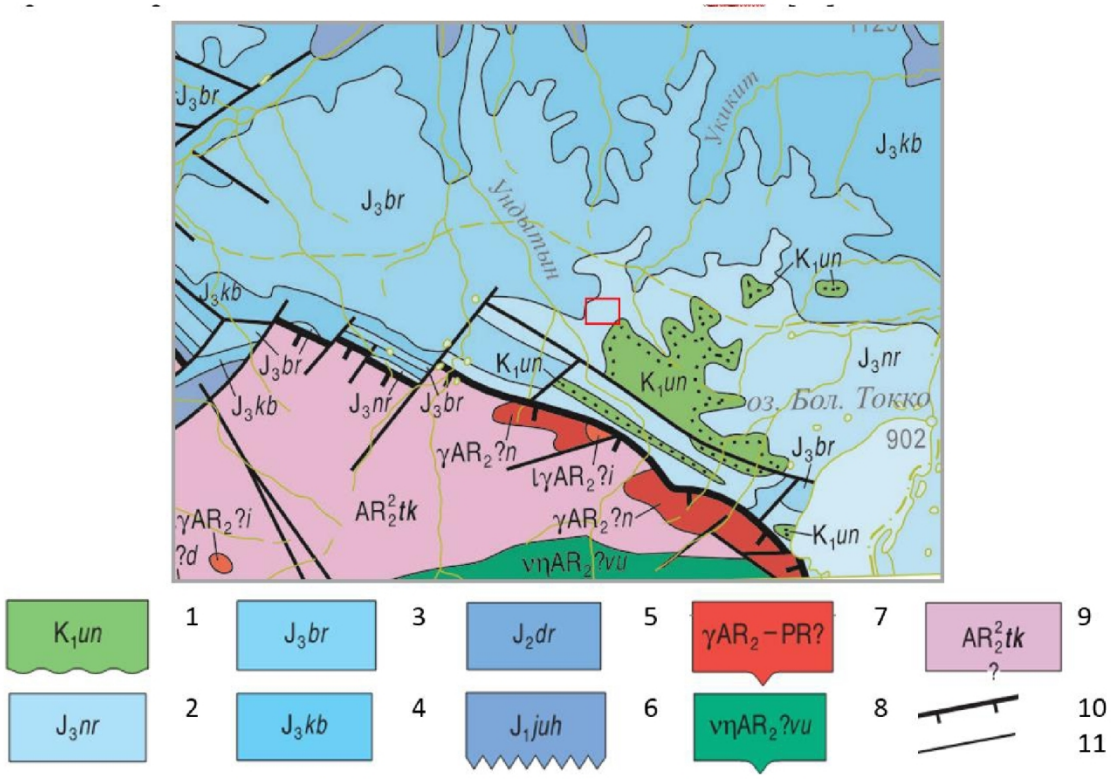

Рис. 2. Фрагмент геологической карты дочетвертичных образований, масштаб 1:1 000 000 (Радьков А.В. и др., 2016)
Fig. 2. Fragment of the geological map of pre-quarternary formations, at scale 1:1 000 000 (Radkov A., et al., 2016)

***Пояснения**: 1 – ундытканская свита – раннемеловые песчаники разнозернистые, прослои конгломератов, алевролитов, угли (до 320 м); 2 – нерюгриканская свита – позднеюрские песчаники кварц-полевошпатовые, аркозовые, граувакковые, полимиктовые, гравелиты, редко туфопесчаники, алевролиты (100–110 м); 3 – беркакитская свита – позднеюрские песчаники аркозовые, кварц-полевошпатовые, граувакковые, полимиктовые, алевролиты, аргиллиты, угли (450–490 м); 4 – кабактинская свита – позднеюрские песчаники аркозовые, кварц-полевошпатовые, граувакковые, полимиктовые, алевролиты, угли (400–490 м); 5 – дурайская свита – среднеюрские алевролиты, аргиллиты, песчаники, угли, прослои туфов, туфопесчаников (140-250м); 6 – юхтинская свита – раннеюрские песчаники олигомиктовые, аркозовые, разнозернистые, часто бурокрапчатые, гравелиты, конгломераты, алевролиты (160-250 м); 7 – раннепротерозойские (раннекарельские) гранитоиды нерасчлененные – умереннощелочные граниты, лейкограниты, плагиограниты, иногда гнейсовидные; 8 – позднеархейский верхнеундытканский плутонический комплекс метагаббро-анортозитовый-анортозиты, габбро-анортозиты расслоенные метаморфизованные; 9 – позднеархейская туксанийская серия нерасчлененная – плагиогнейсы и кристаллические плагиосланцы амфибол-пироксеновые, просло мраморов, кальцифиров, пириболитов (до 3500 м); 10 – надвиги главные достоверные, выходящие на картографируемую поверхность; 11 – разломы второстепенные достоверные, выходящие на картографируемую поверхность*

Методы исследования и эксперимент (The methods used in the study and the experiment): Данное исследование включает в себя краткий обзор соответствующей литературы, анализ информации, полученной из фондов изыскательской компании, определение признаков и методики районирования. Все информационные слои о природной среде обрабатывались, затем объединялись для получения единой инженерно-геологической карты.

Характеристика инженерно-геологических условий (Study area)

В инженерно-геологическом отношении территория Эльгинского месторождения изучалась в 2009-2010 годы [9-10]. По административному делению район работ находится на территории Нерюнгринского района Республики Саха (Якутия) в 400 км к востоку от г. Нерюнгри. В районе

проектируемых работ постоянно живущее население отсутствует. Единственным населенным пунктом является поселок Эльга – бывшая база Эльгинской геологоразведочной партии.

Площадь расположена на юго-восточной окраине Алданского нагорья в пределах Токинской впадины, являющейся составной частью Южно-Якутского каменноугольного бассейна. Токинская впадина ограничена с юга Становым, а с севера Учуро-Идюмским хребтами. Непосредственными границами Эльгинского месторождения являются: восточной – р. Укикит, южной – крупноамплитудное нарушение северо-западного простирания, западной – р. Ундыткан, северной – условная линия, соединяющая р. Ундыткан с р. Эльга в среднем их течении (Рис.1).

В *геоморфологическом* отношении площадка расположена на полого-наклонном склоне водораздела р. Укикит и р. Ундыткан. Поверхность склона слабозаболочена. Абсолютные отметки поверхности изменяются от 1002,05 до 1011,51 м, перепад высот составляет – 9,46 м.

В *геологическом* строении площадки принимают участие верхнеюрские отложения нерюнгриканской свиты ($J_3 nr$, рис. 2), перекрытые с поверхности чехлом нерасчлененных четвертичных отложений элювиального генезиса (eQ) и верхнечетвертичных отложений ледникового генезиса (gQ_{III}) [11].

Нерасчлененные четвертичные отложения элювиального генезиса (eQ) имеют широкое распространение по площади, вскрыты с поверхности под почвенно-растительным слоем мощностью 0,9-2,3 м. Отложения представлены песками пылеватыми с включениями дресвы до 10-19%, супесью с растительными остатками и редкими включениями дресвы до 5-14%, песками дресвяными, а также дресвяным и щебенистым грунтом с песчаным и супесчаным заполнителем от 22 до 41%. Обломочный материал представлен дресвой и щебнем песчаников серых, мелкозернистых, различной степени прочности.

Верхнечетвертичные отложения ледникового генезиса (gQ_{III}) имеют ограниченное распространение по площади, вскрыты в южной части площадки скважинами №№ 19, 22 и 24 с поверхности, мощностью 1,3-7,5м. Отложения представлены песками и супесями гравелистыми и гравийным грунтом с супесчаным заполнителем до 33-37%. Обломочный материал представлен метаморфическими и осадочными породами низкой прочности до малопрочных хорошей степени окатанности.

Верхнеюрские отложения нерюнгриканской свиты ($J_3 nr$) имеют повсеместное распространение в пределах всей площади, вскрыты под четвертичными отложениями с глубины 1,2-7,5 м вскрытой мощностью 2,1-8,6 м. Полный разрез свиты вскрыт рядом скважин на Эльгинском месторождении, на котором мощность ее определяется в 200…250 м. В основании свиты залегает пачка крупно- и среднезернистых песчаников мощностью 50…70 м с маломощными прослоями и линзами мелковалунных конгломератов и гравелитов. Средняя часть свиты мощностью 65…90 м сложена серыми и темно-серыми песчаниками, часто переслаивающимися с маломощными прослоями алевролитов и пластов и пропластков угля. К средней части свиты приурочено 11 пластов и пропластков угля мощностью от 0,2 до 1.1 м. Верхняя часть свиты мощностью около 90 м сложена переслаивающимися пачками крупно- и среднезернистых песчаников серого цвета, к которым приурочены угольные пласты. Залегание пород на площадке моноклинальное с пологими

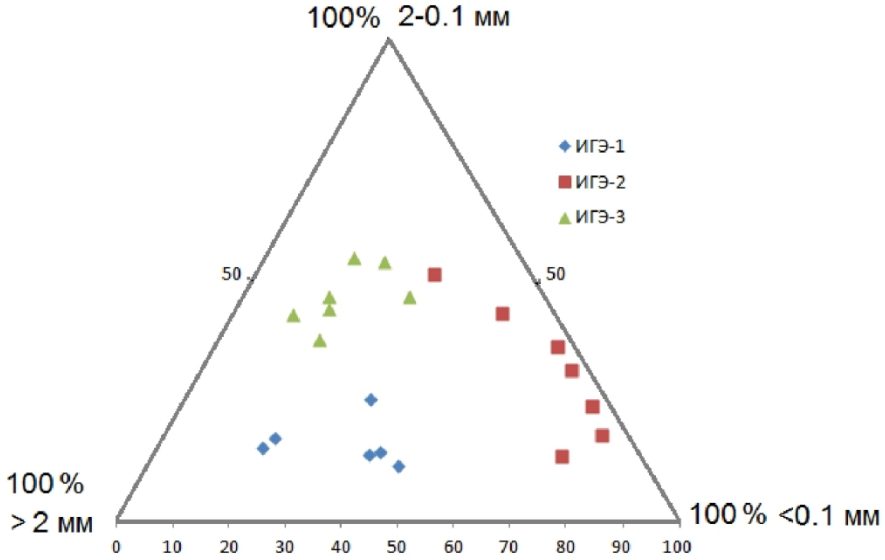

Рис. 3. Сравнение первых от поверхности ИГЭ по содержанию основных гранулометрических фракций

Fig. 3 Comparison of the first from the surface of the soil unit on the content of the main particle-size fractions

(5°) углами падения на юго-запад.

Значительную опасность для строительства представляет высокая сейсмическая активность района, которая в соответствии с картой ОСР-2015С достигает 9 баллов, по карте ОСР-2015В – 8 баллов.

В пределах разведанной толщи до 10 м на площадке выделено 8 *инженерно-геологических элементов* (ИГЭ). Все грунты незасоленные, с содержанием легко- и среднерастворимых солей менее 0,1%.

ИГЭ-1 (gQ_{III}) - *супесь гравелистая* от серовато-желтого до темно-серого цвета, имеет ограниченное распространение по площади, вскрыта в южной части площадки с поверхности под почвенно-растительным слоем, мощностью 1,2-7,3м, относится к муруктинскому горизонту, гляциалу муруктинского оледенения. Обломочный материал (42,6-66,7% по массе) представлен метаморфическими и осадочными породами хорошей степени окатанности, от низкой до средней прочности.
ИГЭ-2 *(eQ) - супесь с включениями* до 5-14% дресвы песчаников от желтого до серовато-коричневого цвета. Грунт имеет ограниченное распространение по площади, вскрыт в центральной и восточной частях площадки с поверхности под почвенно-растительным слоем, мощностью 0,6-1,4м.

ИГЭ-3 *(eQ) - песок дресвяный* от желтовато-коричневого до темно-серого цвета, распространен в северной и западной частях площадки, вскрыт с поверхности под почвенно-растительным слоем, мощностью 0,6-1,4м. Обломочный материал представлен песчаником тонкозернистым, малопрочным до средней прочности.

На рис. 3 представлено сравнение первых от поверхности ИГЭ по содержанию основных гранулометрических фракций.

ИГЭ-4 *(eQ) - дресвяный грунт с супесчаным заполнителем* до 22-41%, вскрыт практически повсеместно по площади с глубины 0,7-1,5м, мощностью 0,3-1,4м. Обломочный материал представлен песчаником мелкозернистым, серым, малопрочным до средней прочности.

ИГЭ-5 *(J_3nr) - уголь* черный, блестящий, сильновыветрелый до дресвы и сажи с прослоями черного углистого алевролита, имеет ограниченное распространение по площади, вскрыт с глубины 0,9-6,6м, вертикальной мощностью 2,1-3,4м.

ИГЭ-6 *(J_3nr) - песчаник – «рухляк»* от желтовато-серого до серого цвета, сильновыветрелый до щебня, дресвы и песка. Грунт вскрыт в кровле скального массива с глубины 1,2-3,2 м, мощностью 0,4-2,6 м. Свойства грунтов приведены в таблице 1.

Таблица 1. Нормативные значения физико-механических свойств грунтов
Table 1. Average values of physical and mechanical properties of soils

Показатели	Номер ИГЭ					
	1	2	3	4	5	6
Количество проб	6	7	7	7	6	6
Суммарная влажность, д.е. w_{tot}	0,12	0,15	0,13	0,09	0,10	0,13
Влажность заполнителя, д.е.	0,19	0,16	0,18	0,21		
Влажность на границе текучести W_L, д.е.,	0,23	0,31		0,23		
Влажность на границе раскатывания, Wp, д.е.	0,18	0,25		0,19		
Число пластичности, Ip, д.е.	0,5	0,05		0,07		
Консистенция, I_L, д.е.	0,20	<0		0,48		
Плотность частиц грунта, г/см^3	2,67	2,66	2,67	2,68	1,49	2,67
Плотность грунта, г/см^3	2,07	1,99	2,07	2,22	1,33	2,12
Плотность скелета грунта, г/см^3	1,83	1,73	1,83	2,04	1,22	1,89
Пористость, %	31,3	35,5	31,3	23,9	18,03	29,23
Коэффициент пористости, д.е.	0,456	0,551	0,456	0,314	0,22	0,413
Коэффициент водонасыщения S_r, д.е.	0,693	0,742	0,751	0,780	0,642	0,819
Расчетная удельная сила морозного пучения, МПа	0,05*	0,05*		0,05*		
Расчетное сопротивление основания, МПа				0,45		
Модуль деформации, МПа	32**	24**	50**	-		
Угол внутреннего трения, град φ, град	30**	29**	43**	-		
Сцепление, кПа	21**	17**	2**	-		
Коэффициент теплопроводности талого грунта, ккал/м*ч*град	1,25*	1,35*	1,95*	2,35*		2,15*
Коэффициент теплопроводности мерзлого грунта, ккал/м*ч*град	1,35*	1,45*	2,25*	2,50*		2,35*
Объемная теплоемкость талого грунта, ккал/м^3*град	575*	595*	600*	640*		620*
Объемная теплоемкость мерзлого грунта, ккал/м^3*град	485*	510*	540*	540*		540*

Примечание:
1,15* значения, принятые в соответствии со СП 25.13330.2012;
0,45** значения, принятые в соответствии со СП 22. 13330.2016

ИГЭ-7 *(J_3nr) - песчаник средней прочности* от серого до темно-серого цвета, мелко- и тонкозернистый, сильнотрещиноватый, трещины в основном ориентированы хаотично, реже под углом 85-90 и 10-15° к оси керна, часто трещины выполнены льдистым материалом. Грунт вскрыт практически повсеместно по площади с глубины 1,6-7,5м, вскрытой мощностью 1,8-7,6 м. Плотность грунта изменяется от 2,51 до 2,62 г/см^3, при расчетном значении 2,56 г/см^3 (при α=0,95). Временное сопротивление грунта одноосному сжатию в водонасыщенном состоянии изменяется от 23,8 до 48,0 МПа, при расчетном значении 29,85 МПа (при α=0,95). По коэффициенту размягчаемости, равному 0,56, грунт размягчаемый.

ИГЭ-8 *(J_3nr) - песчаник прочный* от серого до темно-серого цвета, мелко- и тонкозернистый, сильнотрещиноватый, трещины в основном ориентированы хаотично, реже под углом 85-90° к оси керна, по трещинам отмечаются углистые вкрапления. Грунт имеет ограниченное распространение по площади, вскрыт с глубины 1,8-4,7м, вскрытой мощностью 1,8-2,3 м.Плотность грунта изменяется от 2,53 до 2,71г/см^3, при расчетном значении 2,58 г/см^3 (при α=0,95). Временное сопротивление грунта одноосному сжатию в водонасыщенном состоянии изменяется от 51,8 до 80,7 МПа, при расчетном значении 52,84 МПа (при α=0,95). По коэффициенту размягчаемости, равному 0,55, грунт размягчаемый.

В *геокриологическом* отношении площадка расположена в зоне островного развития многолетнемерзлых пород и сложена в основном вечномерзлыми грунтами с небольшим локальным участком развития талых пород (верхняя часть пологого склона северо-восточной экспозиции в районе скважины № 24). Нормативная глубина сезонного промерзания составляет 4,8 м.

На период изысканий (декабрь) *грунтовые воды* на площадке не встречены. Однако в теплый период года возможно появление грунтовых вод типа «верховодка». Водовмещающими будут являться грунты слоя сезонного оттаивания-промерзания, водоупором будут служить вечномерзлые грунты. Питание грунтовых вод происходит в основном за счет инфильтрации атмосферных осадков и оттаивания сезонномерзлых грунтов. Разгрузка вод будет осуществляться по понижениям рельефа в выемки и котлованы.

Из *неблагоприятных* физико-геологических процессов и явлений, отрицательно влияющих на строительство и эксплуатацию зданий и сооружений, необходимо отметить пучение каменного материала на водораздельных поверхностях и приводораздельных склонах, морозное пучение рыхлых грунтов при промерзании и наличие в разрезе ослабленных зон по углям, алевролитам и песчаникам-«рухлякам», слабую заболоченность водораздела.

Инженерно-геологическое районирование площадки по степени благоприятности для размещения сооружений (Engineering-geological zoning of the site on the the degree of favorability for the placement of facilities):

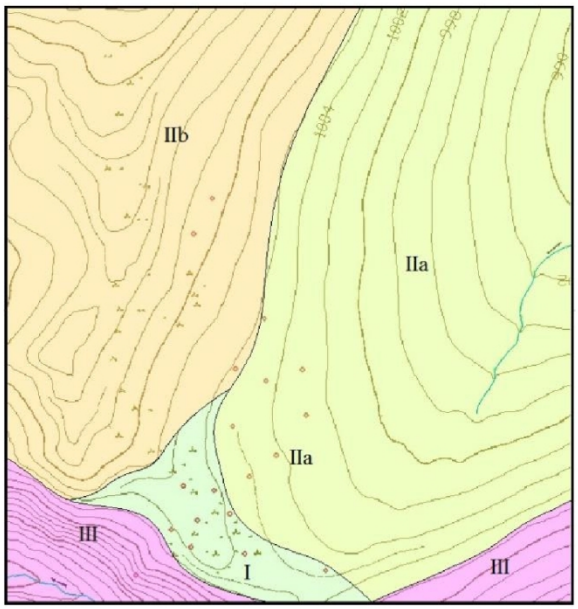

Рис. 4. Карта инженерно-геологического районирования площадки по степени благоприятности для размещения сооружений (Масштаб 1:2 000)

Fig. 4. A map of the engineering-geological zoning on the degree of favorability for the placement of facilities (at scale 1:2 000)

Таблица 2. Экспликация к карте районирования
Table 2. Legend to the map of the zoning

Категория района по условиям строительства	Обозначение	Геоморфологические условия	Номер 1-го от поверхности ИГЭ	Геологические процессы
I – благоприятные	I	Плоские водоразделы	1	Слабая заболоченность
II – приемлемые	IIa	пологие склоны (<5°)	2	Морозное пучение рыхлых грунтов при промерзании
	IIb		3	Морозное выпучивание крупнообломочного материала
III – неблагопрятные	III	склоны (> 5°)	3	Линейная эрозия. Наличие ослабленных зон - рухляков

Исследование проведено осенью 2018 г. в отделении геологии ТПУ и включало анализ информации, полученной из фондов изыскательской компании, установление принципов и методики районирования, исходя из опубликованного опыта такого вида работ [12-15]. В основу районирования были положены следующие факторы: геоморфологические условия; геологическое строение (генезис, возраст, литологический состав, физико-механические свойства грунтов, их мощность); гидрогеологические и мерзлотные условия; наличие геологических процессов и явлений. Все информационные слои о природной среде обрабатывались с помощью геоинформационной системы (ГИС), а затем объединялись для получения единой инженерно-геологической карты в AutoCAD.

Результаты (Results):

По пригодности участков к строительному освоению были выделены три категории районов с благоприятными, приемлемыми и неблагоприятными условиями (рис. 4, таблица 2). Выделенные районы отличаются геоморфологическими условиями, литологическим составом пород, распространением неблагоприятных геологических процессов. Грунты площадки находятся в основном в мерзлом состоянии, поэтому этот фактор не использовался при выделении районов. Однако следует учесть, что в процессе строительства и эксплуатации промплощадки при оттаивании мерзлых грунтов могут происходить неравномерные осадки грунта как из-за неравномерного оттаивания, так и по причине различной льдистости грунта, что потребует проведение мероприятий по уменьшению этих осадок.

I категория по условиям строительства характеризуется как благоприятная. К данной категории относятся участки, сложенные ледниковыми отложениями ИГЭ-1, имеющие высокую несущую способность 0,3 МПа. Из неблагоприятных процессов отмечено слабое заболачивание.

II категория с приемлемыми условиями для строительства. Эта категория занимает значительное пространство в пределах площади. Участки этой категории сложены грунтами ИГЭ-2,3, имеющими также высокую несущую способность 0,3 МПа. Из неблагоприятных процессов следует отметить морозное выпучивание крупнообломочного материала, суффозию в западной части площадки (IIa), в восточной (IIb) – склонность рыхлых грунтов к деформациям морозного пучения при промерзании. Использование таких участков возможно с проведением противопучинистых мероприятий.

III категория с неблагоприятными условиями для строительства – это склоны (с уклонами более 5°). С поверхности залегают грунты ИГЭ-3 с достаточно высокой несущей способностью до 0,3 МПа, но наличие ослабленных зон – рухляков в разрезе – позволяет использование таких участков только после выполнения специальных инженерных мер защиты.

Выводы (Conclusion)

В статье приведена инженерно-геологическая оценка территории промплощадки для установления ее пригодности к застройке. Для этого рассмотрены основные природные компоненты: литология; топография; сейсмотектоника; геотехника; гидрология, гидрогеология и вечная мерзлота. В целом инженерно-геологические условия площадки являются достаточно сложными в связи с высокой сейсмической активностью района, которая в соответствии с картой ОСР-2015С достигает 9 баллов, по карте ОСР-2015В – 8 баллов; наличием многолетней мерзлоты и таких геологических процессов, как поверхностное заболачивание площадки, морозное выпучивание каменного материала на склонах водоразделов, морозное пучение несвязных грунтов в зимний период и присутствие в разрезе сильно трещиноватых углей, алевролитов и песчаников «рухляков».

Все информационные слои о природной среде обрабатывались, затем объединялись для получения единой инженерно-геологической карты. На разработанной карте инженерно-геологического районирования выделены три категории районов с

благоприятными, приемлемыми и неблагоприятными условиями для строительства по геоморфологическим условиям, литологическому составу пород и их несущей способности. Дана характеристика выделенных категорий районов. Районирование территории по этим признакам может служить основой для принятия обоснованных решений при проектировании инженерных сооружений, базой для организации мониторинга, экспертизы.

Основанием зданий и сооружений будут являться скальные породы верхнеюрского возраста. Хозяйственное освоение территории (уничтожение древесной растительности, надпочвенных покровов, изменение режима накопления мощности снежного покрова и т.д.) будет приводить к качественно новому термическому состоянию пород верхних горизонтов. При оттаивании мерзлых грунтов могут происходить неравномерные осадки грунта, из-за различной льдистости грунта. При проектировании зданий и сооружений по многолетнемерзлым грунтам следует устраивать основания по I принципу. На участке с таликом рекомендуется использовать грунты основания в талом состоянии. При проектировании рекомендуется предусмотреть конструктивные мероприятия, исключающие неравномерные осадки; а также учесть, что глинистые грунты при промерзании обладают пучинистыми свойствами. Для предупреждения развития заболачивания и наледей рекомендуется предусмотреть организованный сток атмосферных и хозяйственных вод, исключить нарушение почвенного слоя.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гриб Н.Н., Кузнецов П.Ю. Прогнозирование физико-механических свойств углевмещающих пород на основе данных геофизических исследований скважин и математического аппарата Марковской нелинейной статистики // Уголь. – 2018. –№1. – С. 68–73.

2. Скоморошко Ю.Н. Оценка устойчивости горных пород в бортах карьеров по результатам геофизических исследований скважин (на примере Эльгинского месторождения): дис. … канд. техн. наук. – Нерюнгри, 2001. – 181 с.

3. Хоютанов Е.А. Обоснование резервов совершенствования процессов управления зольностью угля при разработке сложноструктурных месторождений (на примере Эльгинского месторождения): дис. … канд. техн. наук. – Якутск, 2016. – 155 с.

4. Бердюгин В.А. Условия отработки «Эльгинского» месторождения каменных углей и планируемые комплексы оборудования для его разработки / Горный информационно-аналитический бюллетень. Отдел. выпуск. – 2009. – № 10. –С.373–379.

5. Павлов Н.В., Пинигин Д.Д. Особенности освоения и техногенное воздействие Эльгинского угольного комплекса на природную среду // Сб. тр. конф.: Энергетика России в XXI веке. Инновационное развитие и управление, 1-3 сентября 2015 г., Иркутск. – Иркутск: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева Сибирского отделения Российской академии наук. 2015. С.511-515

6. Трофимов В. Т., Красилова Н. С. Инженерно-геологические карты: учеб. пособие. – М.: КДУ, Добросвет, 2018. – 383 с.

7. Афанасиади Э.И., Абатурова И.В., Тарасевич А.В. Опыт инженерно-геологического районирования территории строительства Воронцовского ГОКа с целью рационального использования и охраны геологической среды // Известия Уральского государственного горного университета. – 2001.– Т.13. – С. 241–246.

8. Abaturova I.V., Storozhenko L.A., Petrova I.G., Koroleva I.A. The influence of components of engineering-geological conditions on mineral mining in permafrost zone // Gornyi Zhurnal. – 2015. – Vol. 9. – P. 22–27.

9. Осьмушин А.В., Осьмушкина Н.В. и др. Отчет об инженерно-геологических изысканиях на объекте: «Проект вскрытия участка первоочередной отработки Эльгинского месторождения в пределах Северо-западного участка». – Нерюнгри: Нерюнгристройизыскания. – 2009. –164 с.

10. Осьмушин А.В., Осьмушкина Н.В. и др. Отчет о производстве инженерно-геологических изысканий на объекте: «Эльгинский горно-обогатительный комплекс. I очередь строительства» на стадии проектная документация – Нерюнгри: Нерюнгристройизыскания. – 2010. –1314 с.

11. Радьков А.В., Молчанов А.В., Терехов А.В., Беленко Е. В. и др. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1000000 (третье поколение). Серия Алдано-Забайкальская. Лист O-52 – Томмот. Объяснительная записка. – СПб.: Картографическая фабрика Всероссийского научно-исследовательского геологического института им. А.П. Карпинского (ВСЕГЕИ), 2016. – 276 с.

12. Строкова Л.А., Ермолаева А.В. Районирование территории по степени опасности оседания земной поверхности при проектировании магистрального газопровода в южной Якутии // Известия Том-

ского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2016. – Т.327. – №.10. – С.59–68.

13. Фи Хонг Тхинь, Строкова Л.А. Типизация грунтовых толщ территории города Ханой (Вьетнам) при изучении оседания земной поверхности из-за извлечения подземных вод // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2017. – Т. 328. – № 4. – С.6–17.

14. Purgina D.V., Strokova L.A., Kuzevanov K.I. Modeling of changing hydrogeological conditions during construction of pier foundations on the Kama river bank // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2016. – Vol. 33. – 6 p.

15. Cheskidov V.V., Manevich A.I. Engineering and geological support for slope stability monitoring as a part of transport infrastructure construction projects // Mining science and technology. – 2016. – No. 1. – С.50–57.

REFERENCES

1. Grib N.N., Kuznecov P.Ju. Prognozirovanie fiziko-mehanicheskih svojstv uglevmeshhajushhih porod na osnove dannyh geofizicheskih issledovanij skvazhin i matematicheskogo apparata Markovskoj nelinejnoj statistiki [Prediction of physical and mechanical properties of coal-bearing rocks on the basis of well logging data and mathematical apparatus of Markov nonlinear statistics] / *Ugol (Russian Coal Journal)*, 2018, no. 1, pp. 68–73. (rus)

2. Skomoroshko Ju.N. Ocenka ustojchivosti gornyh porod v bortah kar'erov po rezul'tatam geofizicheskih issledovanij skvazhin (na primere Jel'ginskogo mestorozhdenija) [Evaluation of rock stability in the sides of the quarries on the basis of geophysical studies of wells (on the example of Elga field): Cand. Diss. Neryungri, 2001. 181 p. (rus)

3. Hojutanov E.A. Obosnovanie rezervov sovershenstvovanija processov upravlenija zol'nost'ju uglja pri razrabotke slozhnostrukturnyh mestorozhdenij (na primere Jel'ginskogo mestorozhdenija) [Substantiation of reserves of improving the management of coal ash in development of complex fields (for example the Elga Deposit)]: Cand. Diss. Yakutsk, 2016. 155 p. (rus)

4. Berdjugin V.A. Uslovija otrabotki «Jel'ginskogo» mestorozhdenija kamennyh uglej i planiruemye kompleksy oborudovanija dlja ego razrabotki [Conditions of mining of the Elginsky coal deposit and planned complexes of equipment for its development / *Mining information Bulletin*, 2009, vol. 10, pp. 373–379. (rus)

5. Pavlov N.V., Pinigin D.D. Osobennosti osvoenija i tehnogennoe vozdejstvie Jel'ginskogo ugol'nogo kompleksa na prirodnuju sredu [Features of development and technogenic impact of the Elga coal complex on the natural environment]/ Jenergetika Rossii v XXI veke. Innovacionnoe razvitie i upravlenie [*Energy of Russia in XXI century. Innovative development and management]*. Irkutsk. 2015. pp. 511-515

6. Trofimov V.T., Krasilova N.S. Inzhenerno-geologicheskie karty [Engineering-geological maps]. Moscau, KDU, Dobrosvet, 2018. 383 p. (rus)

7. Afanasiadi Je.I., Abaturova I.V., Tarasevich A.V. Opyt inzhenerno-geologicheskogo rajonirovanija territorii stroitel'stva Voroncovskogo GOKa s cel'ju racional'nogo ispol'zovanija i ohrany geologicheskoj sredy [Experience of engineering-geological zoning of the territory of construction of Vorontsov GOK for the purpose of rational use of the geological environment protection] / *News of the Ural state mining University*. – 2001. Vol.13, pp. 241–246.

8. Abaturova I.V., Storozhenko I.A., Korolyova I.G. Influence of the components of engineering-geological conditions on the extraction of minerals in the permafrost zone / *Mining journal*. 2015, vol. 9, pp. 22–27.

9. Os'mushkin A.V., Os'mushkina N.V. et.al. *Otchet ob inzhenerno-geologicheskih izyskanijah na ob'ekte: «Proekt vskrytija uchastka pervoocherednoj otrabotki Jel'ginskogo mestorozhdenija v predelah Severo-zapadnogo uchastka»* [Report on engineering-geological surveys at the facility: "The project of opening the site of priority mining Elga field within the North-Western area]. Neryungri, 2009. 164 p. (rus)

10. Os'mushkin A.V., Os'mushkina N.V. et.al. *Otchet ob inzhenerno-geologicheskih izyskanijah na ob'ekte.* [Report on the production of engineering-geological surveys at the facility: "Elginsky mining and processing complex. I stage of construction ". The stage of Project Documentation]. Neryungri, 2010. 1314p. (rus)

11. Rad'kov A.V., Molchanov A.V., Terehov A.V., Belenko E.V. et al. *Gosudarstvennaja geologicheskaja karta Rossijskoj Federacii. Masshtab 1 : 1 000 000 (tret'e pokolenie). Serija Aldano-Zabajkal'skaja.* List O-52 – Tommot. [The state geological map of the Russian Federation. Scale 1: 1,000,000 (third generation). Series Aldano-Zabaikalskaya. Sheet O-52-Tommot. Explanatory note. SPb.: Map factory VSEGEI, 2016. 276 p. (rus)

12. Strokova L.A., Ermolaeva A.V. Zoning according to the hazard level of earth surface subsidence when designing the main gas pipeline in south Yakutia. *Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. Geo Assets Engineering*, 2016, Vol. 327, No. 10, pp. 59–68.

13. Phi Hong Thin, Strokova L.A. Classification of soil types for Hanoi (Vietnam) when studying land subsidence at groundwater extraction. *Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. Geo Assets Engineering*, 2017,

Vol. 328, No. 4, pp. 6–17.

14. Purgina D.V., Strokova L.A., Kuzevanov K.I. Modeling of changing hydrogeological conditions during construction of pier foundations on the Kama river bank. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science,* 2016, Vol. 33, 01246.

15. Cheskidov V.V., Manevich A.I. Engineering and geological support for slope stability monitoring as a part of transport infrastructure construction projects // *Mining science and technology,* 2016, no. 1, pp. C.50–57.

Поступило в редакцию 11.11.2018
Received 11 November 2018