

А.Г. Верхотуров, И.Б. Размахнина

ПРИЧИНЫ ДЕФОРМИРОВАНИЯ БОРТОВ УГОЛЬНЫХ РАЗРЕЗОВ ЗАБАЙКАЛЬЯ

Рассмотрены горно-геологические условия и проблемы освоения угольных месторождений Забайкалья, связанные со снижением устойчивости и несущей способности горных пород в бортах разрезов, формированием оползней, высокими водопритоками в горные выработки. Рассматриваются условия формирования угольных месторождений и криолитозоны Забайкалья. Особое внимание уделено влиянию криогенных процессов и деградации многолетнемерзлых пород на устойчивость бортов, откосов и отвалов. Представлена геокриологическая характеристика основных угольных месторождений: Харанорского, Татауровского, Уртуйского, Апсатского. Проведен анализ истории формирования и трансформации геологической среды угольных месторождений Забайкалья в неоген-четвертичное время. Рассмотрены особенности развития деформационных процессов в бортах угольных разрезов Забайкалья, обусловленных горно-геологическими и мерзлотно-гидрогеологическими факторами. К ним относятся физико-механические свойства вскрышных пород и полезного ископаемого, тектоника и неотектоника, подземные воды, многолетнемерзлые породы, опасные экзогенные процессы. На основании анализа установлено, что причинами активного развития деформаций бортов угольных разрезов Забайкалья является совокупность геологических, гидрогеологических и горнотехнических факторов.

Ключевые слова: угольное месторождение, процессы, деформации, криолитозона, коэффициент фильтрации, оползни, осыпи.

Постановка проблемы

В настоящее время основными угледобывающими предприятиями Забайкальского края являются разрезы «Харанорский», «Уртуйский», «Восточный», «Апсатский», «Зашуланский» и небольшие разрезы, уголь которых используется для местных нужд. Объем добычи угля в регионе в 2014 г. составил 21,2 млн т [7]. На большинстве месторождений угольные пласты характеризуются неглубоким залеганием, поэтому разработка угольных месторождений Забайкалья осуществляется открытым способом [9].

ISSN 0236-1493. Горный информационно-аналитический бюллетень. 2016. № 9. С. 211–221.
© 2016. А.Г. Верхотуров, И.Б. Размахнина.

Структурно-тектоническая схема размещения месторождений и проявлений угля в Забайкалье показывает, что бурогольные месторождения Забайкалья характеризуются небольшими по площади размерами, относительно малой мощностью углевещающих отложений (сотни, редко тысячи метров), разнообразным количеством угольных пластов, среди которых преобладают пласты средней мощности [3]. По геолого-структурным особенностям, условиям залегания угольных пластов, разработке основной части месторождений целесообразно вести открытым способом. Почти все угольные месторождения региона, где ведется открытая добыча, имеют форму брахисинклиналей, которые отличаются специфичностью геологического строения, изменчивостью горно-геологических условий на различных участках и по глубине залегания пластов [2].

Например, ширина мульды в центральной части Татауровского месторождения (разрез «Восточный») составляет 5,4 км, длина 14 км. Площадь месторождения в контуре нижнего пласта III составляет 50,2 км². Общая площадь горного отвода месторождения составляет 2,7 тыс. га. Углы падения слоев пород и углей восточного крыла мульды составляют 3–4°, редко достигая 5–6°. К центру мульды пласты выполаживаются до 1–2°. Западное крыло месторождения почти повсеместно имеет углы падения слоев равные 7–8°. В юго-восточной части месторождения мульда осложнена антиклинальным перегибом. В восточной части месторождения имеются локальные подвижки фундамента, приведшие к сближению угольных пластов. В результате этого на двух участках восточного крыла месторождения пласты II и III оказались слитыми в один пласт. Угольные пласты входят в состав двух горизонтов: 1 – мощ-

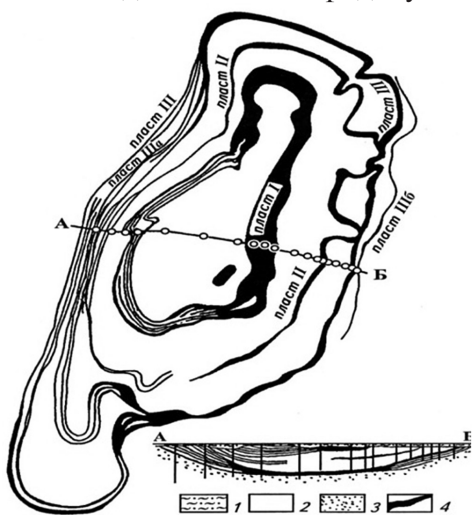


Рис. 1. Схематическая карта выхода угольных пластов и геологический разрез Татауровского бурогольного месторождения [1]: 1 – четвертичные отложения; 2 – тингинская свита, верхний горизонт; 3 – тингинская свита, нижний горизонт; 4 – угольные пласты

ных угольных пластов и 2 – частого переслаивания, включающих до 15 пластов мощностью от 0,1 до 19,8 м. Промышленное значение для разработки имеют угольные пласты I, II, III, и верхний IIIa.

Открытая разработка угольных месторождений Забайкалья отличается рядом особенностей, связанных, в первую очередь, со сложными гидрогеологическими условиями, наличием сезонной и многолетней мерзлоты, а также активной гидродинамической связью горных выработок с поверхностными водами, высокой трещиноватостью горных пород и отсутствием региональных водоупоров. В результате этого при ведении горных работ возникает ряд проблем, связанных со снижением устойчивости и несущей способности горных пород [1, 11]. При вскрытии четвертичных отложений и отработке угольных месторождений в бортах карьеров происходят оползни объемом в десятки и сотни кубических метров.

Увеличение глубины карьеров, отработка участков со сложными инженерно-геологическими условиями влечет за собой развитие неблагоприятных процессов и явлений в горных выработках, и в конечном итоге сказывается на ухудшении технико-экономических показателей. Оценка инженерно-геологических условий, выявление причин деформирования бортов угольных разрезов Забайкалья, установление закономерностей возникновения опасных инженерно-геологических процессов и явлений при открытой разработке угольных месторождений Забайкалья является актуальной задачей, решение которой обеспечит безопасность освоения месторождений, повысит эффективность горных работ.

Методика исследований

В основу методики исследований было положено: изучение инженерно-геологической информации, полученной при разведке и разработке месторождений; наблюдения на угольных разрезах Забайкалья оползневых явлений; лабораторные определения физико-механических свойств горных пород. Кроме этого, выявление причин деформирования бортов угольных разрезов в Забайкальском крае невозможно без анализа истории формирования и трансформации геологической среды угольных месторождений в неоген-четвертичное время.

Причины деформирования бортов угольных разрезов

Устойчивость борта разреза определяется физико-механическими свойствами вскрышных пород и полезного ископаемого.

Таблица 1

Некоторые характеристики четвертичных отложений и пород надугольной толщи на Харанорском месторождении

Породы	Естественная влажность, %	Плотность, т/м ³	Число пластичности	Угол внутреннего трения, град	Сцепление в массиве (C _м), МПа
I. Четвертичные отложения					
Суглинки	21	1,97	16,4	25	0,05
Глины	24	1,95	22,6	17	0,072
Супеси и пески	16,4	2,02	6,0	34	0,01
II. Коренные породы до глубины 80 м					
Песчаники	20,9	1,94		35	0,03
Алевролиты слабые	24,9	1,81		22	0,025
Алевролиты средней прочности	20,4	1,99	9,3	25	0,215
	25,8	1,94	11,9	12	0,12
Аргиллиты слабые	22,0	2,02	7,7	19	0,15

го, и в первую очередь, сопротивлением сдвигу. В зависимости от состава пород, влажности и глубины их залегания оно может существенно изменяться (табл. 1).

Оползневые деформации на «Кукульбейском» и «Харанорском» разрезах имели место в 60-х годах XX-го в. На разрезе «Восточный» такие негативные процессы, как обвалы, осыпи, оползни объемом от 6 до 60 тыс. м³, причиной которых является слабая устойчивость пород при их водонасыщении начались практически с момента освоения месторождения. На разрезе «Уртуйский» оползневые деформации произошли в сентябре 2003 г. и январе-феврале 2004 г. Объемы оползней скольжения составили от 300 до 16 000 тыс. м³. Их формирование было связано с повышенным количеством атмосферных осадков в летний период и перемерзанием дренажных скважин и водоводов в декабре 2003 г. В настоящее время в результате отсыпки в районе нерабочего борта разреза «Уртуйский» внешних отвалов и прекращения осушения пород четвертичного водоносного комплекса, параллельно борту начали формироваться трещины (рис. 2).

Для всех выше названных разрезов, при определенных погодных и технологических условиях отработки, возможно обводнение подошвы четвертичных отложений. Коэффициенты



Рис. 2. Трещины на нерабочем борту разреза Уртуйский в 2015 г. (фото Н. Овчаренко)

фильтрации четвертичных образований вскрыши иногда достигают $180 \text{ м}^3/\text{сут}$ и более. Углевмещающие породы и породы надугольной толщи имеют коэффициенты фильтрации редко превышающие $3\text{--}5 \text{ м}^3/\text{сут}$. Являясь относительным водоупором для четвертичных водоносных пород, меловые об-

разования служат подошвой четвертичного водоносного комплекса, по которой осуществляется транзит вод четвертичных образований к бортам разреза. При их разгрузке здесь зачастую наблюдаются суффозионные явления. Потеря устойчивости борта и его оползание происходит также по кровле глинистых пород надугольной толщи, имеющих низкую устойчивость к деформациям сдвига при их водонасыщении [6, 12].

Результаты исследований причин деформирования бортов разрезов, позволили установить, что при отработке угольных разрезов Забайкалья открытым способом возможны следующие виды деформаций бортов и уступов:

1. Деформации, возникающие при несоответствии высоты уступа физико-механическим характеристикам пород.

2. Деформации, возникающие под влиянием внешних нагрузок.

3. Деформации, связанные с ослабленными контактами пород, по которым формируются поверхности скольжения. Это могут быть тектонические нарушения или слабые углистые аргиллиты, подстилающие угольный пласт и др. Основная причина развития оползней — недопустимо крутые углы откосов бортов и обводнение их основания.

4. Осыпи или деформации, связанные с криогенным выветриванием пород, как правило, характерны для угольных уступов нерабочих бортов. В процессе выветривания происходит быстрое разрушение углевмещающих пород и угля. При углах откоса уступов больших, чем угол естественного откоса, осыпи приводят к уменьшению рабочих площадок.

5. Деформации уступов, связанные с суффозионными явлениями развиваются в песчаных, песчано-гравийных неоднородных отложениях, при наличии горизонта подземных вод здесь происходит вынос мелких фракций, нарушение структуры песчаных отложений и последующего нарушения устойчивости всего уступа.

7. Деформации уступов, обусловленные совокупным воздействием криогенных процессов: наледообразования и криогенного выветривания.

8. Для отвалов характерны деформация оседания, которые начинаются с момента отсыпки отвала и продолжают длительное время до полного уплотнения отвальной массы под действием собственного веса, причем осадка происходит неравномерно. Это необходимо учитывать при размещении сооружений и механизмов на отвалах.

9. Деформации при формировании внешних отвалов происходят при наличии в основании отвала пластичного слоя определенной мощности.

Влияние криогенных процессов и деградации многолетнемерзлых пород на устойчивость бортов, откосов и отвалов

В районах исследуемых угольных месторождений Забайкалья отмечается тенденция повышения средних годовых температур воздуха, что в Центральном и Северном Забайкалье влияет на интенсивность деградации криолитозоны [2]. Процесс оттаивания многолетнемерзлых пород приводит к формированию несливающих мерзлых толщ, обводнение которых в весенне-летний период приводит к оползанию бортов по поверхности многолетнемерзлых пород.

Территория Забайкалья характеризуется широким развитием многолетнемерзлых пород (ММП), которые во многом определяют инженерно-геологические условия месторождений. Анализ палеодинамики подошвы криолитозоны, полученный по результатам моделирования показал, что в течение плейстоцен-голоценового времени, мощность криолитозоны была подвержена существенным изменениям. В Тазовское и Сартанское время формировались ее максимальные, а в казанское время и в период голоценового оптимума – минимальные мощности. Максимальные мощности криолитозоны на юге Забайкалья в районе Уртуйского месторождения достигали 300 м [4, 5]. В казанцевский термохрон на территории Южного Центрального

Забайкальях криолитозона практически отсутствовала. Всего в среднем и позднем плейстоцене в Забайкалье отмечено 4 климатических макроцикла с периодом около 100 тыс. лет, которые, несомненно, повлияли на интенсивность протекания химической или физической трансформации вещественного состава горных пород до глубин распространения криолитозоны. Поэтому при установлении причин деформирования бортов угольных разрезов необходимо учитывать особенности формирования горно-геологических условий угольных месторождений, как плейстоцен-голоценовое, так и в настоящее время [10, 11].

Современная мощность ММП зависит от комплекса природных факторов и, в первую очередь, от широтной зональности и высотной поясности территории. Во впадинах Забайкальского и Байкальского типа, где в зимний период характерна температурная инверсия, в результате которой поверхность пород во впадинах имеет более низкие температуры, чем в пределах хребтов, криолитозона является азональной. В Северном Забайкалье многолетняя мерзлота имеет преимущественно сплошное

Таблица 3

Геокриологическая характеристика основных угольных месторождений Забайкалья

Наименование месторождения	Балансовые запасы каменных* и бурых углей, млн т*	Мощность ММП, м	Температура пород, °С	Распространение ММП на площади месторождения
Апсатское*	977	20–500	-3 ÷ -7	сплошное (более 95%)
Читкандинское*	15			
Нерчуганское*	9	50–300	-1 ÷ -5	преимущественно сплошное (80–95%)
Букачачинское*	12			
Красночикийское*	585	0–200	1 ÷ -3	прерывистое 15–80%
Зашуланское*	173			
Шимбиликское*	24			
Татауровское (разрез «Восточный»)	496	0–80	2 ÷ -1,5	островное 10–15%
Харанорское	848	0–25	4 ÷ -0,5	редкоостровное (до 10%)
Уртуйское	127			

распространение, в Центральном – прерывистое и островное, в Южном – редкоостровное. Геокриологическая характеристика основных угольных месторождений представлена в табл. 3.

Редкоостровные многолетнемерзлые породы существенным образом не сказываются на условиях добычи угля в пределах «Харанорского» и «Уртуйского» разрезов. В пределах разреза «Восточный», где ММП имеют островное распространение, при разработке месторождения происходит деградация многолетней мерзлоты в контурах карьеров и в зонах развития мощных фильтрационных потоков, возникающих при дренаже горных выработок и при скважинном водопонижении. В результате деградации многолетнемерзлых пород происходит активизация таких экзогенных процессов, как эрозия, оползни, суффозия. Криогенные процессы (наледообразование, криогенное выветривание, морозобойное растрескивание), наоборот имеют тенденцию к снижению интенсивности [3].

Заключение

В ходе исследований установлено, что, если деформации в бортах карьеров имеют затухающий характер, то происходит закономерное перераспределение напряжений и не требуется никаких специальных противооползневых мероприятий. В том случае, если происходит нарастание деформаций, необходимо провести тщательный их анализ и установить факторы, влияющие на их развитие [8, 13, 14]. Превышение допустимых скоростей смещения реперов, появления трещин и заколов требует разработки противооползневых мероприятий, а в ряде случаев и остановки горных работ. Например, на Уртуйском разрезе для снижения нагрузки на нерабочий борт было принято решение о перемещении прибортовой части внешнего отвала на территорию, где отвал не будет оказывать влияния на борта карьера. Расчет устойчивости отвалов рациональнее проводить по средним характеристикам пород.

Проведенные наблюдения на разрезах «Уртуйский» ОАО ППГХО, «Харанорский» и «Восточный» ООО «Читауголь» показали, что процессы сдвижения усиливаются в период весенней оттайки и в осенне-зимний период, когда породы, слагающие вскрышные уступы, переувлажняются, в результате чего происходит ослабление их прочностных свойств. Поэтому необходим постоянный мониторинг за соблюдением технологических параметров, размеров предохранительных берм, высоты уступов и ярусов отвалов, а так же углов откосов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Беляков А. Е.* Инженерно-физические методы повышения эффективности открытой разработки месторождений в сложных гидрогеологических условиях юга криолитозоны: На примере угольных месторождений юга Забайкалья. Автореферат диссертации на соискание ученой степени канд. техн. наук: 05.15.11. – Чита, ЗабГУ, 2000. – 25 с.
2. *Верхотуров А. Г., Размахнина И. Б.* Инженерно-геологические проблемы освоения угольных месторождений Забайкальского края // Вестник Забайкальского государственного университета. – 2015. – Вып. 8 (123). – С. 4–11.
3. *Верхотуров А. Г., Сидорова Г. П.* Геокриологические условия разработки угольных месторождений Забайкалья: материалы IV международной научно-практической конференции 8–9 апреля 2010 г. – Чита: ЧитГУ, 2011. – С. 248–252.
4. *Еникеев Ф. И., Старышко В. Е.* Гляциальный морфогенез и россыпеобразование Восточного Забайкалья. – Чита, ЧитГУ, 2009. – 370 с.
5. *Еникеев Ф. И.* Плейстоценовые оледенения Восточного Забайкалья и юго-востока Средней Сибири // Геоморфология. – 2009. – № 2. – С. 33–49.
6. *Материалы* дополнительных инженерно–геологических работ на западном борту разреза «Уртуйский». Исходные данные для определения оптимальных параметров отработки юго-западного борта. – Краснокаменск: ОАО «ППГХО», 2005. – 75 с.
7. *Отраслевое* совещание Министерства природных ресурсов и промышленной политики Забайкальского края 5 февраля 2015 года: <http://минприр.зabaykalskiykray.rf/news/2015/02/06/24245.html>.
8. *Томаков П. И., Манкевич В. В.* Открытая разработка угольных и рудных месторождений, учебное пособие. – М.: МГГУ, 2000. – 611 с.
9. Угольная база России. Том IV: Угольные бассейны и месторождения Восточной Сибири (Тунгусский и Таймырский бассейны, месторождения Забайкалья). – М.: ЗАО «Геоинформмарк», 2001. – 493 с.
10. *Шестернев Д. М., Верхотуров А. Г.* Геокриологические условия и их влияние на разработку месторождений полезных ископаемых / Кулагинские чтения: техника и технологии производственных процессов: материалы XIV Международной научно-практической конференции: сборник статей, в 3 ч., ч. 1. – Чита: ЗабГУ, 2014. – С. 318–323.
11. *Шестернев Д. М., Верхотуров А. Г.* Горно-геологическая среда месторождений полезных ископаемых Забайкалья в условиях изменения климата: монография. – Чита: ЗабГУ, 2014. – 227 с.
12. *Щадов В. М.* Открытая разработка сложноструктурных угольных месторождений Восточной Сибири и Дальнего Востока, 2-е изд., стер. – М.: Изд-во МГГУ, 2004. – 298 с.
13. *Jeffrey L.* The impact of geotechnical factors on the secondary extraction of coal in the Witbank and Northern Highveld Coalfields, specifically related to safety // Final Project Report, 2002, (<http://mhsc.org.za/thematic-areas/impact-geotechnical-factors-secondary-extraction-coal>).
14. *Sylvie Ogier-Halim, Tim Berry, Jurgen Schaeffer.* Implication of the permafrost on hydrogeological conditions and on mine environment

controls: case of the Amaan Coking Coal Project in north – eastern Russia // SRK Consulting, 2013, (<http://www.srk.ru.com>). **ГИАБ**

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

*Верхотуров А.Г.*¹ – кандидат геолого-минералогических наук, доцент, зав. кафедрой, e-mail: weral0606@yandex.ru,

*Размахнина И.Б.*¹ – аспирант, e-mail: razmakhnina.irina@mail.ru,

¹ Забайкальский государственный университет.

Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'. 2016. No. 9, pp. 211–221.

UDC 622.271

A.G. Verkhoturov, I.B. Razmakhnina

CAUSES OF DEFORMATION OF TRANSBAIKALIA COAL MINE SPIT SIDES

The article deals with mining and geological conditions and problems of development of coal deposits of Transbaikalia, associated with a decrease of the stability and the bearing capacity of the rock in the pit sides, the formation of landslides, high flows of water into the mine workings. The conditions of formation of coal deposits and Transbaikalia permafrost zone are considered.

Particular attention is paid to the influence of cryogenic processes and degradation of permafrost on the stability of sides, slopes and dumps. The permafrost characteristic of main coal fields: Kharanor, Tataurovsky, Urtyuskiy, Apsatskiy is presented. The history of the formation and transformation of the geological environment of coal deposits of Transbaikalia Neogene-Quaternary period was analyzed.

The features of deformation processes in the sides of the coal mines of Transbaikalia, caused by geological and permafrost-hydrogeological factors are considered. These include physical and mechanical properties of overburden rocks and useful minerals, tectonics and neotectonics, groundwaters, permafrosts, dangerous exogenous processes.

Based on the analysis it was found that the reasons of the active development of the Transbaikalia coal mine spit sides deformation is a combination of geological, hydro-geological and mine technical factors.

Key words: coal deposit, processes, deformations, permafrost, filtration coefficient, rock slide, scree.

AUTHORS

*Verkhoturov A.G.*¹, Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Assistant Professor, Head of Chair, e-mail: weral0606@yandex.ru,

*Razmakhnina I.B.*¹, Graduate Student, e-mail: razmakhnina.irina@mail.ru,

¹ Transbaikal State University, 672039, Chita, Russia.

REFERENCES

1. Belyakov A. E. *Inzhenerno-fizicheskie metody povysheniya effektivnosti otkrytoy razrabotki mestorozhdeniy v slozhnykh gidrogeologicheskikh usloviyakh yuga kriolitozony: Na primere ugol'nykh mestorozhdeniy yuga Zabaykal'ya* (Engineering and physical approaches to enhancement of mineral mining efficiency under difficult hydrogeological condi-

tions in the south of permafrost zone: In terms of coal deposits of south Transbaikalia), Candidate's thesis, Chita, ZabGU, 2000, 25 p.

2. Verkhoturov A. G., Razmakhnina I. B. *Vestnik Zabaykal'skogo gosudarstvennogo universiteta*. 2015, no 8 (123), pp. 4–11.

3. Verkhoturov A. G., Sidorova G. P. *Geokriologicheskie usloviya razrabotki ugol'nykh mestorozhdeniy Zabaykal'ya: materialy IV mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii 8–9 aprelya 2010 g.* (Geocryological conditions of coal mining in Transbaikalia: IV International Scientific–Practical Conference Proceedings, 8–9 April 2010), Chita, ChitGU, 2011, pp. 248–252.

4. Enikeev F. I., Staryshko V. E. *Glyatsial'nyy morfogenez i rossypeobrazovanie Vostochnogo Zabaykal'ya* (Glacial morphogenesis of placers in East Transbaikalia), Chita, ChitGU, 2009, 370 p.

5. Enikeev F. I. *Geomorfologiya*. 2009, no 2, pp. 33–49.

6. *Materialy dopolnitel'nykh inzhenerno–geologicheskikh rabot na zapadnom bortu razreza «Urtuyskiy»*. *Iskhodnye dannye dlya opredeleniya optimal'nykh parametrov otrabotki yugo-zapadnogo borta* (Evidence of auxiliary geotechnical survey on the western Utrui pit wall. Source data for determination of optimum mining parameters for the south-west pit wall), Krasnokamensk, OAO «PPGKhO», 2005, 75 p.

7. *Otraslevoe soveshchanie Ministerstva prirodnykh resursov i promyshlennoy politiki Zabaykal'skogo kraja 5 fevralya 2015 goda*: <http://минприр.зabayкальскийкрай.рф/news/2015/02/06/24245.html>.

8. Tomakov P. I., Mankevich V. V. *Otkrytaya razrabotka ugol'nykh i rudnykh mestorozhdeniy*, uchebnoe posobie (Open pit mining of coal and ore, Educational aid), Moscow, MGGU, 2000, 611 p.

9. *Ugol'naya baza Rossii*. T. IV: Ugol'nye basseyny i mestorozhdeniya Vostochnoy Sibiri (Tungusskiy i Taymyrskiy basseyny, mestorozhdeniya Zabaykal'ya) (Coal basins of Russia. Vol. IV: Coal basins and deposits in East Siberia (Tungus and Taimyr Basins, Transbaikalia deposits)), Moscow, ZAO «Geoinformmark», 2001, 493 p.

10. Shesternev D. M., Verkhoturov A. G. *Kulaginskie chteniya: tekhnika i tekhnologii proizvodstvennykh protsessov: materialy XIV Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii: sbornik statey*, v 3 ch., ch. 1. (Kulagin's Lectures: Technology of Production. IV International Scientific–Practical Conference Proceedings, in 3 parts, part 1), Chita, ZabGU, 2014, pp. 318–323.

11. Shesternev D. M., Verkhoturov A. G. *Gorno-geologicheskaya sreda mestorozhdeniy poleznykh iskopaemykh Zabaykal'ya v usloviyakh izmeneniya klimata: monografiya* (Geological environment of mineral deposits in Transbaikalia under conditions of climate fluctuation: monograph), Chita, ZabGU, 2014, 227 p.

12. Shchadov V. M. *Otkrytaya razrabotka slozhnostrukturnykh ugol'nykh mestorozhdeniy Vostochnoy Sibiri i Dal'nego Vostoka*. 2-e izd. (Open pit mining of complex-structure coal deposits in East Siberia and Russia's Far East, 2nd edition), Moscow, Izd-vo MGGU, 2004, 298 p.

13. Jeffrey L. *The impact of geotechnical factors on the secondary extraction of coal in the Witbank and Northern Highveld Coalfields, specifically related to safety. Final Project Report*, 2002, (<http://mhsc.org.za/thematic-areas/impact-geotechnical-factors-secondary-extraction-coal>).

14. Sylvie Ogier-Halim, Tim Berry, Jurgen Schaeffer. *Implication of the permafrost on hydrogeological conditions and on mine environment controls: case of the Amaan Coking Coal Project in north eastern Russia*. SRK Consulting, 2013, (<http://www.srk.ru.com>).

