



ТЕХНОЛОГИИ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

ОБ УЧЕТЕ НЕОДНОРОДНОСТЕЙ СВОЙСТВ ВСКРЫШНЫХ ПОРОД ПРИ ВЕДЕНИИ ГОРНЫХ РАБОТ НА УРЕГОЛЬСКОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ

В. Л. Гаврилов, Н. А. Немова, О. М. Усольцева, П. А. Цой

*Институт горного дела им. Н. А. Чинакала СО РАН,
E-mail: gvlugorsk@mail.ru, nemova-nataly@mail.ru,
Красный проспект 54, г. Новосибирск 630091, Россия*

Показано, что высокая степень изменчивости ряда физико-механических свойств массива горных пород исследованного участка “Урегольский”, обрабатываемого разрезом “Кийзасский”, оказывает большое влияние на эффективность освоения сложноструктурного Урегольского месторождения. Натурные наблюдения массива горных пород на вскрышных уступах рабочего борта разреза продемонстрировали присутствие постоянных различий в их структуре и текстуре по фронту горных работ, что подтверждено изучением в лабораторных условиях образцов горных пород, отобранных в забоях разреза. Установлено, что природная геологическая неоднородность свойств вскрышных пород существенно влияет на порядок и процессы ведения работ, связанных с бурением, взрыванием, экскавацией, транспортировкой, отвалообразованием, а трещиноватость массива усиливает воздействие на указанные процессы, общую и локальную геомеханическую устойчивость горных выработок.

Месторождение, горные породы, структура массива, свойства, неоднородность, изменчивость, ведение горных работ

CONSIDERATION OF INHOMOGENEITIES OF OVERBURDEN ROCK PROPERTIES WHEN MINING THE UREGOLSKY DEPOSIT

V. L. Gavrillov, N. A. Nemova, O. M. Usol'tseva, and P. A. Tsoi

*Chinakal Institute of Mining, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences,
E-mail: gvlugorsk@mail.ru, nemova-nataly@mail.ru, Krasny pr. 54, Novosibirsk 630091, Russia*

It is shown that inhomogeneity of the structure and variability of the rock mass properties has a great influence on the mining efficiency of complex deposits, which include the section Uregolsky of the open pit mine Kiyzassky. Field observations were carried out to assess the state of the rock mass on the overburden benches of the working side of the mine, which showed constant differences in their structure and texture along the mining front. The expected differences and variability of the physical and mechanical properties of rocks were confirmed by the laboratory study of rock samples taken from the open-pit face. It is found that natural geological inhomogeneity of the overburden properties significantly affects the sequence and processes of drilling, blasting, excavation, transportation and dumping operations. Fracturing of the rock mass enhances the influence on these processes, general and local geomechanical stability of mine workings.

Deposit, rocks, rock mass structure, properties, inhomogeneity, variability, mining

Неоднородность физико-механических свойств присуща любой горной породе с момента ее возникновения и исчезает лишь с исчезновением самой породы. С одной стороны, проблема разнотипности горных пород и изменчивости их физических свойств на разных уровнях структурной организации вещества и при различных термодинамических условиях является

фундаментальной для петрофизики, с другой стороны, она существенно влияет на геомеханические процессы в породах и технологию добычи полезных ископаемых. При описании неоднородных и разномасштабных геологических объектов ощущается острая необходимость в применении новых подходов, совершенствовании понятий и терминов, введении формальных конструкций и количественных показателей [1].

В данной статье под неоднородностью понимается литолого-физическая изменчивость вскрышных пород, слагающих массив. В многочисленных работах выделяется вертикальная и горизонтальная неоднородности по разрезу и в плане, оцениваются и сопоставляются прерывистость различных типов вскрышных пород между собой. Главным показателем литологии породного массива является степень анизотропии. Изменчивость массива вскрышных пород может существенно влиять на разработку месторождения.

Массив горных пород, как часть земной коры, представлен состояниями, которые выражены начальными естественными напряжениями и деформированностью, установившимися под воздействием внешних и внутренних сил за весь период развития земной коры. При этом деформированное состояние представлено совокупностью пликативных и разрывных нарушений сплошности, которые проявляются в виде слоистости и трещиноватости массивов.

Одним из основных свойств массива горных пород является его изменчивость в пространстве и времени. Она обуславливает неоднородность объекта, которая определяется различием его свойств в разных местах и точках наблюдений. В результате последующего метаморфизма пород и циклических тектонических и природно-климатических процессов в породных массивах формируются системы поверхностей разрыва сплошности иерархического характера, которые расчленяют массив на отдельные структурные блоки. Структурная расчлененность массивов пород проявляется на различных масштабных уровнях — от кристаллического до регионального. Актуальность проблемы и ее решения вызваны необходимостью учета неоднородности свойств вскрышных пород при планировании и ведении горных работ.

Предпосылки учета и оценки неоднородности свойств вскрышных пород и их трещиноватости при ведении горных работ. Анизотропия массива горных пород и структура трещин в них играют важную роль в решении многих задач горного производства. От них зависит прочность и устойчивость пород. Трещиноватость, как результат длительного воздействия геомеханических, тектонических, физико-механических и химических процессов, действовавших и происходящих в породном массиве и земной коре, может служить не только инструментом изучения прошедших процессов [2, 3], но и мерой оценки влияния на разнообразные геотехнологические процессы.

Свойства горных пород и массивов в значительной мере определяются структурой их трещин (степенью нарушенности). Однако в динамическом разрушении горных пород учувствуют не все трещины, а лишь те из них, которые способны развиваться на данных условиях дробления ударом или взрывом [4, 5]. Целями изучения трещиноватости являются надежная оценка свойств массива; получение исходной информации для количественной оценки их свойств расчетным путем; определение объема работ, необходимых для оценки прочностных, деформационных, фильтрационных и других свойств массива, оценки качества разрывных работ [6].

При оценке устойчивости уступов большое внимание уделяется изучению элементов залегания различного рода поверхностных ослаблений и структурных особенностей прибортовых массивов в виде разрывных и пликативных нарушений, трещиноватости горного массива, которые приводят карьерные откосы в анизотропное состояние [7]. Анизотропия присуща горным породам и проявляется в виде различий в прочностных, деформационных и текстурных свойствах массивов, скоростях распространения упругих волн, видах и степени естественных напряжений; трещиноватости горных пород, изменчивости содержаний с ориентировкой в пространстве минералов и элементов; дефектах структуры [8].

Необходимость периодического контроля за устойчивостью горных пород в окрестностях выработок во многом связана с трещиноватостью, что обуславливает использование методов, на основе ультразвука для измерения акустических характеристик образцов с их последующим анализом. При этом часто ограничиваются измерением скоростей распространения продольных упругих волн [9].

Определение упругих, прочностных, деформационных и фильтрационных свойств в настоящее время являются наиболее распространенными видами испытаний горных пород. Из-за неоднородной иерархической структуры и сложного состава горных пород изучение их является трудной экспериментальной задачей, поскольку в данном случае механические характеристики материала зависят от многих, часто неконтролируемых, факторов [10].

Основными показателями, влияющими на качество взрывной подготовки массива, являются его структура, прочность, трещиноватость. В этой связи при ведении взрывных работ на карьерах требуется учитывать физико-механические свойства и структурные особенности взрывающегося массива [11]. Установлено, что результаты взрывной отбойки в значительной мере определяются направлением системы трещин в массиве горных пород [12].

Для расчета параметров буровзрывных работ предложена [13] классификация горных пород, усовершенствованная Б. Н. Кутузовым, где породы разбиваются на 10 классов, отличающихся не только расстоянием между естественными трещинами всех систем в массиве, но и показателями плотности, пределом прочности пород при одноосном сжатии. Эта классификация, рекомендованная Межведомственной комиссией по взрывному делу, получила широкое практическое использование при ведении буровзрывных работ на горных предприятиях.

Разрушаемость горных пород в процессе бурения взрывных скважин оценивается буримостью, трудностью бурения, удельной энергоемкостью. Факт наличия различных классификаций по одному и тому же объекту знаний уже сам по себе представляет теоретический интерес и, очевидно, свидетельствует как о сложности проблемы, так и незавершенности ее решения. Необходимость сопоставлений шкал классификации горных пород по буримости вызвана тем, что применительно к шкалам существующих классификаций разработано множество нормативных документов для расчета потребных материальных ресурсов и производительности станков [14]. Однако из-за различий нормативной базы часто возникает необходимость в сопоставлении шкал буримости, что затруднительно по причине недостаточной определенности данных, приводимых для этих целей в горнотехнической литературе.

Краткая характеристика Урегольского месторождения. Разрез “Кийзасский”, расположенный в южной части Новокузнецкого района Кемеровской области на лицензионных участках “Урегольский” и “Урегольский 5-6”, отрабатывает несколько угольных пластов. Коренные породы представлены песчаниками, алевролитами, конгломератами и перекрыты четвертичными отложениями. Продуктивная толща участков относится к кемеровской свите балахонской серии [15–18]. Месторождение находится на территории, где имеет место интенсивная неотектоника, характеризующаяся активными современными геодинамическими процессами. На проявление активной геодинамики указывает повышенная современная сейсмичность, которая составляет для данного месторождения 7–8 баллов [19–21].

Методика проведения исследований. Цель и задачи работы — оценка неоднородности строения вскрышного массива на рассматриваемых участках месторождения путем натурных наблюдений; определение ряда физико-механических свойств горных пород, отобранных в забоях и исследованных в лабораторных условиях проб; изучение потенциального влияния неоднородности горного массива и слагающих его вскрышных пород на условия ведения горных работ. Поскольку для повышения производительности бурового оборудования необходимо максимально полно учитывать не только вид бурового инструмента, но и условия его применения с соотнесе-

нием горной породы к той или иной категории буримости, для Урегольского месторождения актуальным стал вопрос оценки сложности разрушения под механическим воздействием горных пород различных литотипов с различными физико-механическими свойствами.

При выполнении работы потребовалось изучение и системный анализ опубликованных результатов и материалов фактических наблюдений; натурные наблюдения на обрабатываемом участке Урегольского угольного месторождения; синтез актуальных подходов к сравнительному изучению аналогичных объектов; статистические методы обработки данных, стандартизированные методы проведения лабораторных испытаний.

Предварительно на участках “Урегольский” и “Урегольский 5-6” были выделены зоны отбора проб, которые наиболее полно характеризуют вскрышные породы разреза. Отбор осуществлялся по согласованной с геологами предприятия и при их непосредственном участии схеме с учетом максимально полного представления типов пород и возможностей равномерного отбора по площади рабочего борта карьера, требований безопасности и конкретной горно-геологической ситуации.

По семи профилям на разных горизонтах разреза отобрано 48 проб, которые после маркировки были доставлены в ИГД СО РАН для лабораторных исследований с определением следующих показателей: предела прочности на одноосное сжатие, коэффициента крепости по Протодьяконову, плотности пород, скорости распространения упругих продольных и поперечных волн, динамического модуля Юнга, динамического коэффициента Пуассона, категории буримости.

Результаты и их обсуждение. Натурные наблюдения по оценке состояния массива горных пород на вскрышных уступах рабочего борта разреза “Кийзасский”, представленных песчаниками, алевролитами и в меньшей степени конгломератами, показали присутствие постоянных различий в их структуре и текстуре по фронту горных работ и, как следствие, ожидаемые различия и изменчивость планируемых к изучению физико-механических свойств (рис. 1).

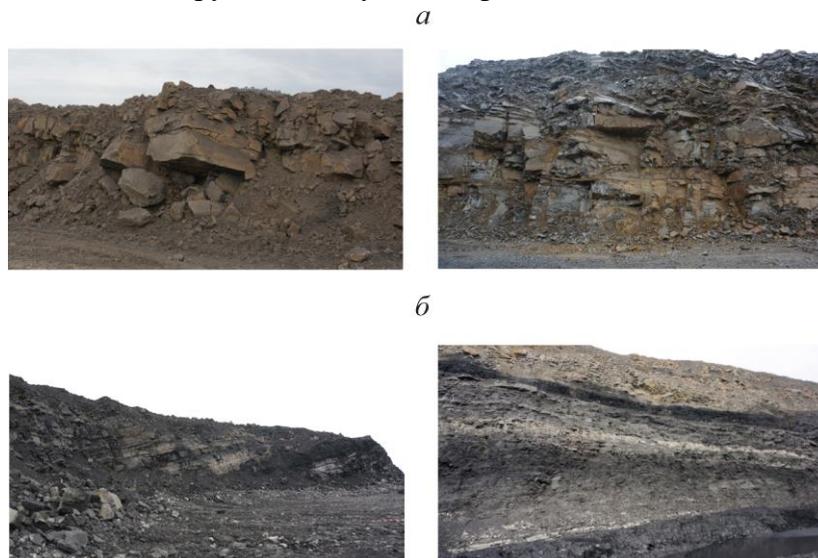


Рис. 1. Строение вскрышных уступов в забоях разреза на флангах: а — восточном; б — западном

Из анализа следует, что рассматриваемый массив горных пород данных участков является трещиноватым с блочном строением, где, согласно классификации сетей трещин [22], встречаются как непрерывные, так и прерывистые сети трещин. Неоднородность трещиноватого горного массива оказывает значительное влияние на его механическое состояние.

Сведения о физико-механических свойствах горных пород в пробах месторождения, отобранных с различных участков разреза “Кийзасский”, подтверждают сказанное (рис. 2). Пределы изменения каждого из показателей по типам пород составляют: предел прочности при одно-

осном сжатии 10.4–165.1 МПа; коэффициент крепости по Протодяконву 1–16.5; плотность 2099–2722 кг/м³; скорость распространения упругих продольных волн 1845–3799 м/с; скорость распространения упругих поперечных волн: 1201–2142 м/с; динамический модуль Юнга 6.967–30.520 ГПа; динамический коэффициент Пуассона 0.045–0.289.

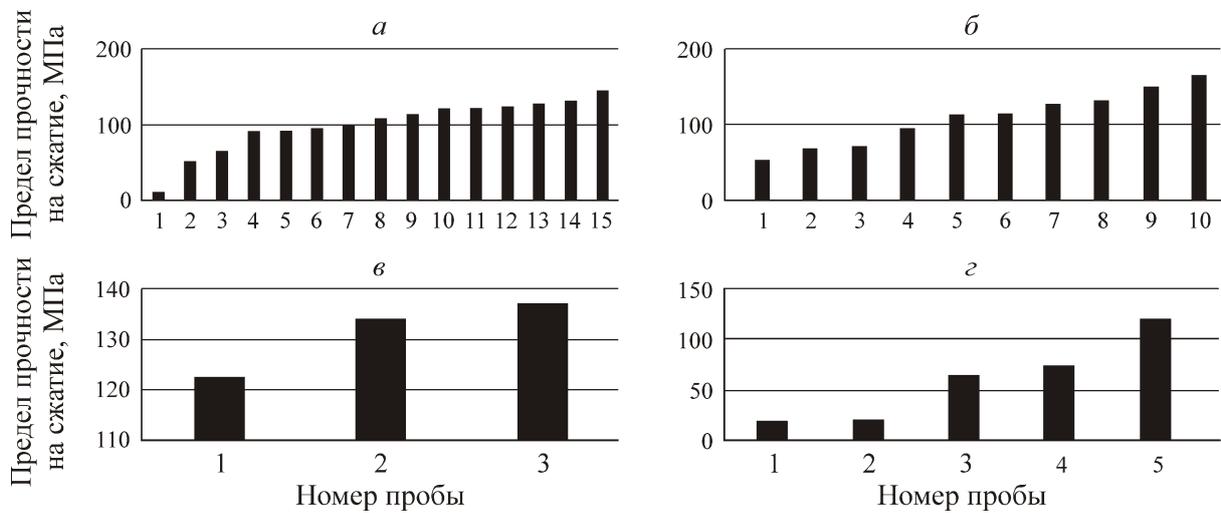


Рис. 2. Пределы прочности по типам пород: а — песчаник крупнозернистый; б — песчаник среднезернистый; в — алевролит крупнозернистый; г — алевролит мелкозернистый

На основании полученных данных о физико-механических свойствах представленных пород установлены категории их буримости по СНиП: для алевролита 5.7–9, для песчаника 7–12. Классификация горных пород по буримости необходима, как единый критерий при планировании, проектировании, финансировании буровых работ, при определении потребности в оборудовании, инструменте, материалах, при нормировании труда рабочих геологоразведочных организаций в различных геологических условиях.

Для более точного прогнозирования условий и порядка ведения буровзрывных работ для повышения качества подготовки пород к экскавации и снижения выхода негабаритов целесообразно районировать поля разреза месторождения Урегольский и определять характер и степень влияния трещиноватости исходного массива. В [23] осуществлено районирование территории вокруг горного отвода месторождения по максимальной скорости сейсмических колебаний.

Результаты позволяют судить о физико-механических свойствах неповрежденных условно изотропных блоков вскрышных пород. Для более точного определения параметров бурения, взрывания, последующей экскавации таких сложно построенных уступов и бортов как на рассматриваемом разрезе, когда в пределах одного блока наблюдается переслаивание под разными углами различных типов пород с прочностными характеристиками и с различными системами трещиноватости, требуются дополнительные натурные и стационарные исследования.

ВЫВОДЫ

Для массива горных пород рабочего борта участка “Урегольский” одноименного месторождения, обрабатываемого разрезом “Кийзасский”, установлена высокая степень изменчивости ряда физико-механических свойств. Природная геологическая неоднородность оказывает влияние на порядок и процессы ведения горных работ, связанные с бурением, взрыванием, экскавацией, транспортировкой и формированием отвалов вскрышных пород.

Высокая трещиноватость массива и ее неоднородность в технологическом пространстве разреза оказывают существенное воздействие на указанные процессы, общую и локальную геомеханическую устойчивость горных выработок, обусловленную неоднородностью состава пород

и их физико-механического состояния, природными и техногенными тектоническими процессами, физико-химическим выветриванием, гидрогеологическим режимом, напряженно-деформированным состоянием массива, изменчивостью свойств пород по различным векторам технологического пространства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. **Ratnikov I. B., Yarkova N. S., and Romanov E. A.** Analysis of the nature of rock saturation in a heterogeneous reservoir using the example of the AS10 formation of the Priobskoye deposit, *Mining Science and Technology*, 2019, vol. 4, no. 1, pp.42–56. [**Ратников И. Б., Яркова Н. С., Романов Е. А.** Анализ характера насыщенности пород в неоднородном коллекторе на примере пласта АС10 Приобского месторождения // *Горные науки и технологии*. — 2019. — Т. 4. — № 1. — С. 42–56.]
2. **Latyshev O. G.** Heterogeneity of fracture structure and strength of rocks, *News of the Higher Institutions. Mining Journal*, 2014, no. 6, pp. 152–159. [**Латышев О. Г.** Неоднородность трещинной структуры и прочность горных пород // *Изв. вузов. Горный журнал*. — 2014. — № 6. — С. 152–159.]
3. **Iudin M. M.** On the fracturing of the rock mass, *Mining Informational and Analytical Bulletin*, 2007, no. S6, pp. 278–283. [**Иудин М. М.** О трещиноватости массива горных пород // *ГИАБ*. — 2007. — № S6. — С. 278–283.]
4. **Latyshev O. G. and Kazak O. O.** Influence of disturbance of rocks on their properties and state, *News of the Ural State Vining University*, 2017, no. 4(48), pp. 62–65. [**Латышев О. Г., Казак О. О.** Влияние нарушения горных пород на их свойства и состояние // *Изв. УГГУ*. — 2017. — Вып. 4(48). — С. 62–65.]
5. **Osipov I. S., Zhilin A. S., and Latyshev O. G.** To assess the fracture of rocks as a criterion for their crushing, *Mining Journal*, 2005, no. 4, pp. 96–101. [**Осипов И. С., Жилин А. С., Латышев О. Г.** К оценке трещиноватости горных пород как критерия их дробимости // *Горный журнал*. — 2005. — № 4. — С. 96–101.]
6. **Tyan S. G. and Dolgonosov V. N.** Study of cracking of breeds on “Northern Katpar” deposit, *Young Scientist*, 2020, no. 20(310), pp. 145–150. [**Тян С. Г., Долгоносков В. Н.** Изучение трещиноватости пород на месторождении “Северный Катпар” // *Молодой ученый*. — 2020. — № 20 (310). — С. 145–150.]
7. **Kapasova A. Z., Konyrbaeva A. B., Shashubay N. Sh., and Oskembekova A. S.** Evaluation of the stability of anisotropic pit slope based on innovative solutions, *Collection of articles of the International Scientific and Practical Conference, Part 1, Penza 2019*, pp. 32–35. [**Капасова А. З., Коньрбаева А. Б., Шашубай Н. Ш., Оскембекова А. С.** Оценка устойчивости анизотропных карьерных откосов на основе инновационных измерений // *Инновационные процессы в науке и образовании: сб. статей Междунар. науч.-практ. конф. Ч. 1.* — Пенза: МЦНС “Наука и Просвещение”. — 2019. — С. 32–35.]
8. **Batugin S. A.** Anisotropy of the rock mass, *Novosibirsk, Nauka*, 1988, 86 pp. [**Батугин С. А.** Анизотропия массива горных пород. — Новосибирск: Наука, 1988. — 86 с.]
9. **Shkuratnik V. L. and Bochkareva T. N.** Evaluation of the effect of fracturing on the attenuation coefficient of elastic waves in rocks, *Mining Informational and Analytical Bulletin*, 1997, no. 1, pp. 39–41. [**Шкурятник В. Л., Бочкарева Т. Н.** К оценке влияния трещиноватости на коэффициент затухания упругих волн в горных породах // *ГИАБ*. — 1997. — № 1. — С. 39–41.]
10. **Zaitsev D. V., Kochanov A. N., Toktogulov Sh. Zh., Panteleev I. A., and Panfilov P. E.** Influence of the scale effect and heterogeneity of rocks in determining their strength properties, *Mining Informational and Analytical Bulletin*, 2016, no. 11, pp. 208–215. [**Зайцев Д. В., Кочанов А. Н., Токтогулов Ш. Ж., Пантелеев И. А., Панфилов П. Е.** Влияние масштабного эффекта и неоднородности горных пород при определении их прочностных свойств // *ГИАБ*. — 2016. — № 11. — С. 208–215.]

11. **Aharonyan G. A. and Aharonyan A. G.** Study of the influence of strength properties and structural features of the rock mass on the efficiency of blasting operations in open pits, Proceedings of National Polytechnic University of Armenia. Metallurgy, Material Science, Mining Engineering, 2019, no. 2, pp. 104–115. [**Агаронян Г. А., Агаронян А. Г.** Исследование влияния прочностных свойств и структурных особенностей массива на эффективность взрывных работ на карьерах // Вестник НПУА. Metallurgy, Материаловедение. Недропользование. — 2019. — № 2. — С. 104–115.]
12. **Hafsawi A., Khadush A., Hajaj E., and Shettybi M.** On the influence of the direction of fracturing of a rock mass on the degree of crushing by an explosion, Mining Informational and Analytical Bulletin, 2003, no. 8, pp. 53–55. [**Хафсауи А., Хадуш А., Хаджадж Е., Шеттиби М.** О влиянии направления трещиноватости массива горных пород на степень дробления взрывом // ГИАБ. — 2003. — № 8. — С. 53–55.]
13. **Gutak Ya. M.** Resources of coal deposits of the southern Kuzbass, Science-intensive technologies for the development of the use of mineral resources, Collection of scientific articles, Novokuznetsk, 2017, no. 3, pp. 119–125. [**Гутак Я. М.** Ресурсы угольных месторождений Южного Кузбасса // Научные технологии разработки использования минеральных ресурсов: сб. науч. статей. — Новокузнецк, 2017. — № 3. — С. 119–125.]
14. **Kapitonov A. M. and Vasiliev V. G.** Physical properties of rocks in the western part of the Siberian platform: monograph, Krasnoyarsk, Siberian Federal University, 2011, 424 pp. [**Капитонов А. М., Васильев В. Г.** Физические свойства горных пород западной части Сибирской платформы: монография. — Красноярск: СФУ, 2011. — 424 с.]
15. **Nemchinov A. V. and Betkher O. V.** Study of the conditions for the formation of coal and coal-bearing rocks, catagenetic and metamorphic transformation of rocks of the intermediate suite of the Uregolsky 5-6 area of the Uregolsky coal deposit, Young Researcher: Challenges and Prospects. collection of articles based on the materials of the CXX international scientific and practical conference, Moscow, Publishing house “Internauka”, 2019, no. 20 (120), pp. 215–217. [**Немчинов А. В., Бетхер О. В.** Исследование условий формирования каменного угля и углевмещающих пород, катагенетического и метаморфического преобразования пород промежуточной свиты участка Урегольский 5-6 Урегольского каменноугольного месторождения // Молодой исследователь: вызовы и перспективы. сб. статей по материалам СХХ Междунар. науч.-практ. конф. — М.: Изд-во “Интернаука”, 2019. — № 20 (120). — С. 215–217.]
16. **Olkhovatenko V. E.** Engineering geology of coal deposits of the Kuznetsk basin: monograph, Tomsk, Publishing house of the Tomsk State Architectural and Construction University, 2014, 150 pp. [**Ольховатенко В. Е.** Инженерная геология угольных месторождений Кузнецкого бассейна: монография. — Томск: Изд-во ТГАСУ, 2014. — 150 с.]
17. **Rozhdestvensky V. N. and Zyryanova T. M.** Calculation of the parameters of drilling and blasting operations using the classification of rocks, fracturing and blasting, News of the Higher Institutions, Mining Journal, 2013, no. 1, pp. 73–77. [**Рождественский В. Н., Зырянова Т. М.** Расчет параметров буровзрывных работ с использованием классификации пород по трещиноватости и взрываемости // Изв. вузов. Горный журнал. — 2013. — № 1. — С. 73–77.]
18. **Tanaino A. S.** Comparison of rock classifications by drillability, Bulletin of the Kuzbass State Technical University, 2006, no. 3 (54), pp. 34–38. [**Танайно А. С.** Сопоставление шкал классификаций горных пород по буримости // Вестник КузГТУ. — 2006. — № 3 (54). — С. 34–38.]
19. **Ashurkov V. A.** Kuznetsk earthquakes in the south of Kuzbass and their relationship with the geological structure, Natural resources of mountain Altai, 2006, no. 5, pp. 65–74. [**Ашурков В. А.** Кузнецкие землетрясения юга Кузбасса и их связь с геологическим строением // Природные ресурсы горного Алтая. — 2006. — № 5. — С. 65–74.]

20. **Panina L. V. and Zaitsev V. A.** Neotectonics and geodynamics of the Kuznetsk depression, Moscow University Bulletin, Series 4, Geology, 2012, no. 6, pp. 13–20. [Панина Л. В., Зайцев В. А. Неотектоника и геодинамика Кузнецкой впадины // Вестник МГУ. Сер. 4. Геология. — 2012. — № 6. — С. 13–20.]
21. **Reisbikh N. A.** Impact on surface water bodies at coal industry enterprises by the example of Kiyzasskiy open pit LLC (Kemerovo region), Bulletin of Scientific Conferences, 2018, vol 11-4, no. 39, pp. 130–132. [Рейсбих Н. А. Воздействие на поверхностные водные объекты на предприятиях угольной промышленности на примере ООО “Разрез Кийзасский” (Кемеровская область) // Вестник научных конференций. — 2018. — Т. 11-4. — № 39. — С. 130–132.]
22. **Rats M. V. and Chernyshev S. N.** Fracturing and properties of fractured rocks, Moscow, Nedra, 1970, 161 pp. [Рац М. В., Чернышев С. Н. Трещиноватость и свойства трещиноватых горных пород. — М.: Недра, 1970. — 161 с.]
23. **Ageev Dan. A., Solgirev S. V., Ageev Dm. A., and Furasov A. N.** Zoning the territory around the mining allotment LLC “Open pit Kiyzasskiy” according to the level of seismic vibrations from massive explosions, Science and youth: problems, searches, solutions, 2020, no. 24, part 6, Technical science, pp. 212–216. [Агеев Дан. А., Солгирев С. В., Агеев Дм. А., Фурасов А. Н. Проведение районирования территории вокруг горного отвода ООО “Разрез Кийзасский” по уровню сейсмических колебаний от массовых взрывов // Наука и молодежь. Проблемы, поиски, решения: труды Всерос. науч. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. Ч. 6. Технические науки. — Новокузнецк: Изд. центр СибГИУ, 2020. — Вып. 24, — С. 212–216.]