ГИАБ. Горный информационно-аналитический бюллетень /
MIAB. Mining Informational and Analytical Bulletin, 2021;(5—2):111—120
ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ / ORIGINAL PAPER

УДК 622.83; 551.21.3 DOI: 10.25018/0236_1493_2021_52_0_111

НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ СОЗДАНИЯ СИСТЕМЫ ОСУШЕНИЯ ОБВОДНЕНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ С УЧЕТОМ СТРУКТУРНО-ТЕКТОНИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ И СОВРЕМЕННОЙ ГЕОДИНАМИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ УЧАСТКА НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ

В. В. Мельник

Институт горного дела Уральского отделения Российской академии наук,
Екатеринбург, Россия

Аннотация: Рассмотрены научные основы разработки принципов осушения обводненных месторождений с помощью создания точечных скважинных водозаборов, способных перехватывать водные потоки в горном массиве в местах их максимальной водотдачи, игнорируя общую площадь осушаемой территории. Методы и методики, используемые автором для прогнозной оценки водопроводимости грунтов, основываются на знании механизма формирования и распределения гидродинамических потоков в пределах массива горных пород, вмещающего месторождение полезных ископаемых. Используемые технологии и современная аппаратура для геодезических и геофизических исследований позволяет с достаточной точностью определять параметры современной геодинамической активности, напряженно-деформированого состояния массива горных пород и на основе структурно-тектонического моделирования проектировать системы осушения обводненных месторождений. Приведены краткие сведения о методике проведения исследований, рассматриваемые параметры массива горных пород и гидрогеологические характеристики, примеры выполненных работ и полученные результаты. К сожалению, не все предприятия охотно идут на изменение систем осушения, даже несмотря на отсутствие видимых результатов от используемых методов осушения или водоподавления. Описанные в статье и внедряемые на горных предприятиях России и Казахстана методы осушения месторождений показали свою эффективность. Разработанный подход к исследованию гидродинамических условий позволяет использовать представленную методику не только для осушения месторождений, но и для водоснабжения объектов недропользования в разных областях промышленности.

Ключевые слова: водопонижение, осушение, водопритоки, скважина, карьер, шахта, напряженно-деформированное состояние, современная геодинамическая активность, геофизические методы.

Благодарность: Работа выполнена в рамках Госзадания № 075—00581—19—00 Тема № 0405—2019—0007.

Для цитирования: *Мельник В. В.* Научные основы создания системы осушения обводненных месторождений с учетом структурно-тектонического строения и современной геодинамической активности участка недропользования // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2021. — № 5—2. — С. 111—120. DOI: 10.25018/0236_1493_2021_52_0_111.

© В. В. Мельник. 2021

Scientific basis for the creation of a drainage system for flooded deposits, taking into account the structural and tectonic structure and modern geodynamic activity of the subsurface use area

V. V. Mel'nik

Institute of Mining Ural branch of Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia

Abstract: The article discusses the scientific framework for the development of drainage approach to watered fields by creating point borehole water intakes that can intercept water flows in rock mass in places of the maximum water yield with no regard to the total area subjected to drainage. The methods and techniques used by the author for the predictive assessment of water transmissivity in rock mass are based on the knowledge of the mechanism and distribution of hydrodynamic flows in rock mass enclosing a mineral deposit. The technologies used and the modern equipment of geodetic and geophysical studies allow sufficiently accurate determination of the modern geodynamic activity and stress–strain behavior of rock mass, which enable structural-and-tectonic modeling and design of drainage systems for watered fields. The article also provides brief information on methodology of the research, parameters of rock mass and hydrogeological characteristics, examples of work implemented and the results obtained. Unfortunately, not all companies are willing to modify the existing drainage systems, even though there are no visible results of the dehumidification or water suppression methods used. The field drainage methods described in the article and implemented in mines in Russia and Kazakhstan have proved their effectiveness. The developed approach to the hydrodynamics analysis allows using the presented method not only in drainage of mineral deposits, but also in water supply of subsurface use objects in different industries.

Key words: dewatering, drainage, water flows, well, open pit mine, underground mine, stress–strain behavior, modern geodynamic activity, geophysical methods.

Acknowledgements: The study was carried out under State Contract No. 075-00581-19-00, Topic No. 0405-2019-0007.

For citation: Mel'nik V. V. Scientific basis for the creation of a drainage system for flooded deposits, taking into account the structural and tectonic structure and modern geodynamic activity of the subsurface use area. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2021;(5—2):111—120. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236_1493_2021_52_0_111.

Введение

Разработка месторождений полезных ископаемых всегда сопровождается осушением породной толщи, и в зависимости от степени обводненности либо применяются системы осушения непосредственно из выработок, путем сбора и откачки воды из зумфа, либо требуются превентивные меры, необходимые для осушения массива до начала отработки полезного ископаемого. Во времена Советского Союза, когда изыскивалась возможность больших капитальных вложений до начала отработки полезного ископаемого и получения прибыли, для осушения обводненных месторождений использовались подземные капитальные выработки (дренажные штреки) вне зависимости от того, будет ли вестись его отработка шахтой или карьером.

Одним из наглядных примеров может служить Соколовско-Сарбайское железорудное месторождение в Республике Казахстан, где такие выработки имеются на большинстве карьеров и шахте [1, 2]. Дренажные штреки представляют собой замкну-

тые контуры по периметру месторождения и предназначены для сбора воды из водоносных горизонтов и откачки ее через шахтные стволы на поверхность. Кроме того, для спуска воды в штрек бурились сквозные фильтры и восстающие скважины в неограниченном количестве. Такой подход, конечно, является эффективным методом осушения, но во времена рыночной экономики и самоокупаемости он практически не приемлем ввиду высокой стоимости капитальных затрат как на строительство, так и на содержание этих сооружений.

Для части карьеров применялась система осушения в виде сотен водопонизительных скважин по периметру границ отработки месторождения, что не только имеет высокую стоимость бурения и строительства системы водоотведения, но еще и сопровождается низкой эффективностью, поскольку большинство скважин при таком подходе является малопроизводительными, а зачастую и вовсе сухими.

Кроме этого, даже на оборудованных подобными системами рудниках случаются прорывы воды, связанные с недоучетом структурно-тектонического и гидрогеологического строения месторождения, особенно в условиях закарстованных известняков [3—5].

В данной работе поставлена задача пересмотра валового подхода к осушению обводненных месторождений в сторону точечных водозаборов, способных перехватывать водные потоки в местах их наибольшей водотдачи. Некоторые примеры выполненных ранее исследований уже приводились в печати [3], также имеются ссылки и на применяемые методики и методы определения водоносных зон [4].

Основная идея, положенная в основу работы, сводится к использованию знаний о формировании водоносных зон, их структурных особенностях и повышенной водопроводимости, связанной с современной геодинамической подвижностью массива горных пород. Исходя из этих параметров, подобраны геофизические и геодезические методы исследования горного массива, позволяющие с высокой точностью определить местоположение искомых водоносных зон.

Методы исследований

Методы исследований, используемые при проведении работ по осушению обводненных месторождений, можно разделить на две группы [6—8].

Это геодезические методы, позволяющие оценить современную геодинамическую активность территории и ранжировать напряженно-деформированное состояние массива горных пород на области сжатия и растяжения. В настоящее время в качестве инструмента для проведения измерений используются спутниковые навигационные системы (ГЛОНАСС, GPS и др.) различных производителей. Схема производства измерений приведена на рис. 1.

В качестве дополнения могут использоваться съемки с помощью квадрокоптера, позволяющие дополнить картину геоморфологическими особенностями и другой полезной информацией (трещиноватость прибортового массива, выходы воды и др.).

Вторая группа методов — геофизическое исследование горного массива. Здесь набор оборудования и методик очень широк, однако основным, по мнению авторов, является электрометрия. Используемые в качестве наблюдаемых электрические свойства массива горных пород напрямую связаны с зонами повышенной трещиноватости и обводненности, что позволяет с высокой точностью выявлять обводненные участки. Площадную съемку следует проводить

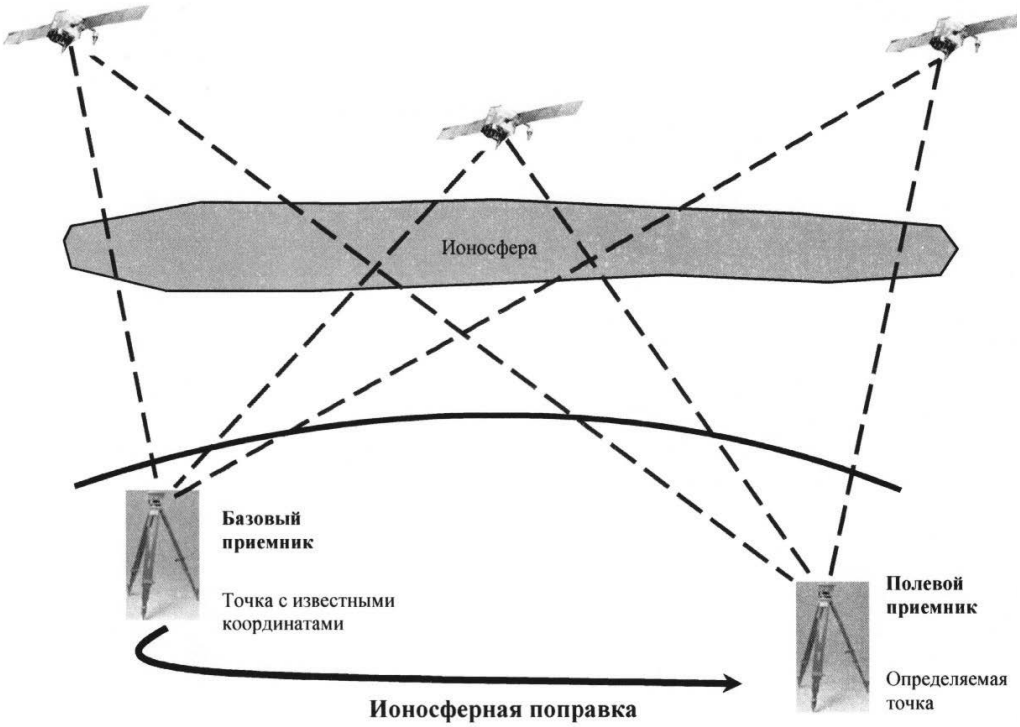

Рис. 1. Схема производства измерений методами спутниковой геодезии
Fig. 1. Scheme of measurement by satellite geodesy methods

электропрофилированием, а информацию о глубинном строении массива горных пород получать с использованием электротомографии. Пример площадных исследований для поиска обводненных зон на Киембаевском месторождении хризотил-асбеста приведен на рис. 2.

Наиболее часто используемый для изучения разреза метод вертикального электрического зондирования устарел и не несет необходимой информации в связи с низкой детальностью и ограничениями, связанными с особенностями геологического строения (метод предназначен для слоистых разрезов, что в условиях распространения скальных пород неуместно).

В качестве дополнительного косвенного метода авторским коллективом обычно используется метод спектрального сейсмопрофилирования (ССП), позволяющий выявлять структурные особенности массива горных пород и глубину вероятной фильтрации воды. Кроме того, этот метод очень мобилен, что позволяет использовать его в любых условиях, будь то шахта, уступы карьера или плотная городская застройка [9]. На рис. 3 представлен пример использования метода ССП для выявления структурных неоднородностей прибортового массива в совокупности с применением съемки с помощью квадрокоптера.

На нем четко прослеживаются области повышенной трещиноватости, полученные методом спектрального сейсмопрофилирования (зачерненные участки на профильной линии)

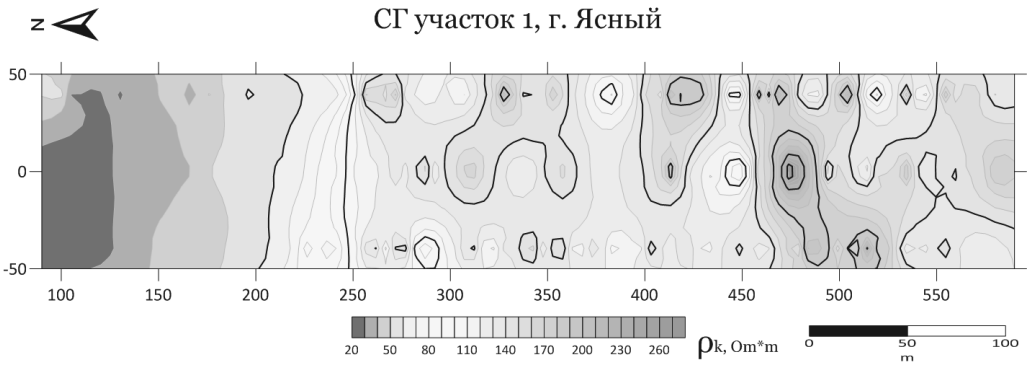

Рис. 2. Геоэлектрическая модель участка
Fig. 2. Geoelectric model of the site

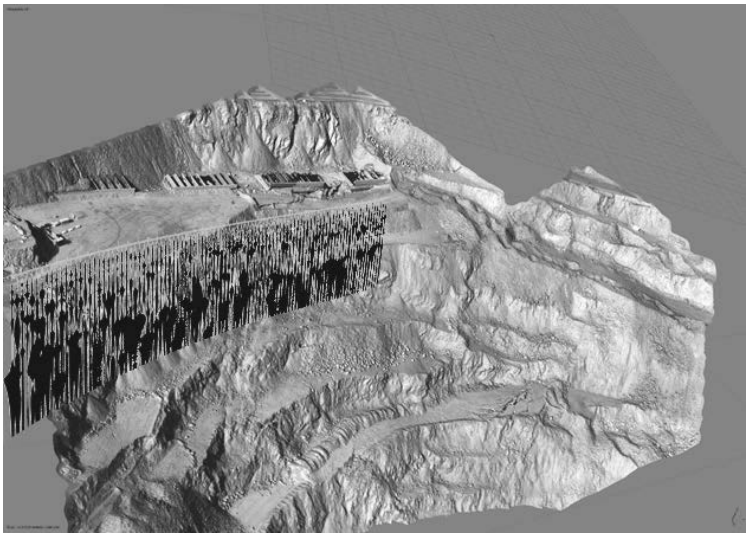

Рис. 3. Съемка оползневого участка с помощью квадрокоптера и ССП
Fig. 3. Shooting a landslide area with a quadrocopter and an SSP

и участки нарушения устойчивости борта карьера, связанные с процессами сдвижения. Наряду с процессами геодинамической подвижности и напряженно-деформированным состоянием массива на данном участке большую роль в случившемся сыграла именно высокая обводненность уступов. Принятые впоследствии меры по восстановлению работоспособности системы осушения путем бурения водосбросных скважин позволили повысить устойчивость борта и оползневые процессы снизились до минимальных значений.

Пример съемки и исследований на оползневом участке приведен не случайно, а в связи с тем, что осушение месторождений, отрабатываемых открытым способом, как правило, нацелено именно на снижение прибортового массива и предотвращение оползневых процессов, связанных с водонасыщением породы. Кроме того, рис. 3 наглядно демонстрирует получаемые методом ССП спектраль-

ные сейсморазрезы, посчитанные на необходимую глубину и представленные в графическом виде. Подробнее об используемом оборудовании и методике геофизических исследований можно ознакомиться в уже упомянутых источниках [9].

Интерпретация результатов исследований

Интерпретация результатов геодезических исследований сводится к учету действующих на месторождениях параметрах напряженно-деформированного состояния — сжатие или растяжение [10—13], поскольку в массиве, обладающем сжимающими напряжениями вода, как правило, задерживается в прибортовом массиве и приводит к его водонасыщению, тогда как при растягивающих напряжениях она свободно разгружается в карьер.

Современная геодинамическая активность территории, в свою очередь, имеет большое значение в формировании открытой трещиноватости и водонасыщении массива горных пород, так как при отсутствии современной подвижности происходит быстрое заиливание трещин, и разгрузка воды из трещин прекращается.

Интерпретация результатов геофизических исследований позволяет определять структурно-тектоническое строение массива горных пород, будь то карьер или шахтные выработки и выявлять возможные пути фильтрации воды, напрямую влияющие на повышенную обводненность.

Методами электроразведки хорошо картируются тектонические нарушения, их простирание и размеры. Кроме того, по значениям удельных электрических сопротивлений можно судить о том, какими породами представлен массив, какая глубина осадочного чехла и рыхлых отложений, что при проектировании водозабора поможет в определении конструкции и стоимости скважин.

Спектральное сейсмопрофилирование позволяет судить о глубине распространения зон трещиноватости, что необходимо при прогнозировании выхода основного объема воды, и необходимой глубине проектируемых скважин.

Все эти методы не только помогают раскрыть природу многих аварийных ситуаций, происходящих при ведении горных работ, но и являются основным инструментом для выбора точек заложения одиночных скважин или их кустов для решения задач осушения обводненных месторождений [14].

Кроме методов, уже зарекомендовавших себя в научных кругах и описанных выше в настоящей работе, хочется отметить метод, известный с давних времен в разных интерпретациях — метод биолокации, используемый многими специалистами как в комплексе с геофизическими методами, так и отдельно [15]. Автором метод геолокации используется только в качестве дополнительного метода, поскольку отсутствие натурных измерений массива горных пород с помощью наземной геофизики может привести к неправильной интерпретации получаемой информации. Плюс для его использования необходим большой опыт проведения поисковых гидрогеологических работ и понимание сущности формирования водоносных зон.

Как уже упоминалось выше, цель описываемых исследований — разработать методические основы системы осушения месторождений полезных ископаемых с минимальными финансовыми затратами при максимальной ее эффективности. В данной работе приведено научное обоснование необходимых методов исследований, позволяющих получить такие данные о строении и состоянии горных пород месторожде-

ний, которые позволят выбрать оптимальное решение задачи осушения обводненных толщ.

Детали интерпретации получаемых данных по всем перечисленным методам по понятным причинам не раскрываются, однако получаемые последние 10—15 лет результаты по выбору точек бурения скважин водопонижения и водоснабжения показывают эффективность используемого подхода.

Внедрение результатов

За последнее время автором в составе различных авторских коллективов Института горного дела УрО РАН выполнены десятки работ, направленные как на осушение месторождений полезных ископаемых, так и на водоснабжение предприятий горно-металлургического комплекса и других. Только на Учалинском ГОК за последние 8 лет по нашим результатам пробурено 5 разведочных и 4 эксплуатационные скважины, решившие задачи осушения рудных тел и только начинающие решать задачи водоснабжения рудников предприятия [3].

Из наиболее крупных объектов, где авторским коллективом проводились работы по осушению карьеров, можно также отметить Джетыгаринское месторождение и Киембаевское месторождение хризотил-асбеста. На данных рудниках проведены разведочные работы и пробурены эксплуатационные скважины, решающие поставленные перед ними задачи.

К сожалению, не все горные предприятия прислушиваются к предложениям по осушению месторождений вышеуказанными методами. В одном из рудников Казахстана, где отдел геомеханики института уже много лет ведет сопровождение строительства стволов шахты [16], приняли за основу метод водоподавления с помощью закачки различных смесей, и в процессе строительства уже второго ствола безрезультатно его используют, хотя основной водоприток не превышает глубин 100—150 м. Предложения ИГД УрО РАН по использованию водопонижения с помощью скважин с поверхности остаются без внимания. При этом понижение уровня воды в закарстованной налегающей толще над рудным телом № 6 на упомянутом Узельгинском месторождении Учалинского ГОКа до глубин 120—140 м всего двумя промышленными скважинами позволило начать безопасную отработку законсервированных на 50 лет из-за опасности затопления запасов руды.

Заключение

Представленные в настоящей работе исследования позволили сформировать представления о формировании водопритоков в горные выработки, будь то шахта или карьер, своевременный анализ гидрогеологической ситуации и выбор наиболее эффективного варианта осушения обводненных месторождений позволит с минимальными рисками и минимальными затратами вести горные работы.

Учет параметров современной геодинамической активности, напряженно-деформированного состояния наряду со структурно-тектоническими особенностями месторождения позволяет определять не только причины повышенной обводненности, но и вводить коррективы в систему осушения уже отрабатываемых месторождений или разрабатывать новую до начала проектирования горных работ.

Используемые методические разработки и возможности современного геодезического и геофизического оборудования, знание механизма формирования гидродинамического режима обводненных месторождений полезных

ископаемых и его геологического строения находят свое применение на предприятиях горно-металлургического комплекса, также широко используются для проектирования систем водоснабжения прочих объектов недропользования.

Благодарности

Автор выражает признательность за помощь при проведении экспериментальных и аналитических исследований научным сотрудникам ИГД УрО РАН: А. Д. Сашурину, А. А. Панжину, А. Л. Замятину.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Усанов С. В.*, *Крутиков А. В.*, *Мельник Д. Е.* Обеспечение промышленной безопасности при разработке Соколовского железорудного месторождения подземным способом в условиях обводненной налегающей толщи // Проблемы недропользования. — 2018. — №4(19). — С. 82 — 89.

2. *Едигенов М. Б.* Рекомендации по осушению горных выработок, ведению мониторинга и охране окружающей среды на Ломоносовском месторождении железных руд / М. Б. Едигенов // Геология и охрана недр. — 2015. — № 1 (54). — С. 54 — 64.

3. *Мельник В. В.*, *Харисов Т. Ф.*, *Замятин А. Л.* Методические основы комплексных геомеханических исследований для выбора оптимальных параметров осушения обводненных месторождений // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2020. — № 3—1. — С. 139—149. DOI: 10.25018/0236—1493—2020—31—0-139—149.

4. *Мельник В. В.*, *Замятин А. Л.* Осушение рудных тел в условиях повышенной обводненности и закарстованности налегающей толщи // Проблемы недропользования — 2018. — №1 (16). — С. 105—111. — (Исследования выполнены в рамках Программы ФНИ № 136, тема 0405—2015—0012) DOI: 10.25635/2313—1586.2018.01.105.

5. *Желтышева О. Д.*, *Усанов С. В.*, *Драсков В. П.* Меры охраны зданий и сооружений от подземных горных работ в карстующемся массиве // Проблемы недропользования. — 2016. — №2(9). — С. 71 — 76.

6. *Мельник В. В.* Оценка опасности карстопроявлений геофизическими методами // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2011. — №7. — С. 151 — 155.

7. *Сашурин А. Д.*, *Панжин А. А.*, *Мельник В. В.* Обеспечение устойчивости бортов карьеров в целях безопасной эксплуатации транспортных берм // Безопасность труда в промышленности. — 2016. — № 7. — С. 28 — 33.

8. *Zanutta A.*, *Negusini M.*, *Vittuari L.*, *Cianfarra P.*, *Salvini F.* et al. Monitoring geodynamic activity in the Victoria Land, East Antarctica: Evidence from GNSS measurements // Journal of Geodynamics. 2017, Vol. 110, P. 31 — 42.

9. *Гликман А. Г.*, «Физика и практика спектральной сейсморазведки», available at: http: // www.newgeophys.spb.ru, 2018.

10. *Gao Y.*, *Guo Z.*, *Yang J.*, *Wang J.*, *Wang Y.* Steady analysis of gob-side entry retaining formed by roof fracturing and control techniques by optimizing mine pressure // Journal of China Coal Society, 2017, Vol. 42, pp. 1672—1681.

11. *Sepehri M.*, *Apel D.*, *Liu W.* Slope stability assessment and effect of horizontal to vertical stress ratio on the yielding and relaxation zones around underground open slopes using empirical and finite element methods // Archives of Mining Science, 2017, Vol. 62, No 3, pp. 653—669.

12. *Кузьмин Ю. О.* Современная геодинамика: от движений земной коры до мониторинга ответственных объектов // Физика Земли. — 2019. — № 1. — С. 78—103.

13 Kuzmin Yu. O. The topical problems of identifying the results of the observations in recent geodynamics. // Izvestiya. Physics of thesolidearth, 2014, Vol. 5, pp. 641—656.

14. *Preene M.* Techniques and Developments in Quarry and Surface Mine Dewatering // Proceedings of the 18-th Extractive Industry Geology Conference 2014 and technical meeting 2015, P. 194 — 206.

15. *Тагильцев С. Н.*, *Чередниченко А. В.*, *Мельник В. В.* Комплексирование методов гидрогеомеханики, электроразведки и биолокации для выбора мест заложения гидрогеологических скважин // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2020. — № 3—1. — С. 236—246. DOI: 10.25018/0236—1493—2020—31—0-236—246

16. *Балек А. Е.*, *Озорнин И. Л.*, *Каюмова А. Н.* Совместные замеры напряженного состояния и модуля упругости породного массива при проходке шахтных стволов // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2020. — № 3—1. — С. 21—36. DOI: 10.25018/0236—1493—2020—31—0-21—36. ГИАБ

REFERENCES

1. Usanov S. V., Krutikov A. V., Mel'nik D. E. Obespechenie promyshlennoj bezopasnosti pri razrabotke Sokolovskogo zhelezorudnogo mestorozhdeniya podzemnym sposobom v usloviyah obvodnennoj nalegayushchej tolshchi. *Problemy nedropol'zovaniya*. 2018. no.4(19). pp. 82—89. [In Russ].

2. Edigenov M. B. Rekomendacii po osusheniyu gornyh vyrabotok, vedeniyu monitoringa i ohrane okruzhayushchej sredy na Lomonosovskom mestorozhdenii zheleznyh rud / M. B. Edigenov. *Geologiya i ohrana nedr*. 2015. no. 1 (54). pp. 54—64. [In Russ].

3. Mel'nik V. V., Harisov T. F., Zamyatin A. L. Metodicheskie osnovy kompleksnyh geomekhanicheskih issledovanij dlya vybora optimal'nyh parametrov osusheniya obvodnennyh mestorozhdenij. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2020. no. 3—1. pp. 139—149. DOI: 10.25018/0236—1493—2020—31—0-139—149. [In Russ].

4. Melnik V. V., Zamjatin A. L. Osushenie rudnyh tel v uslovijah povyshennoj obvodnennosti i zakarstovannosti nalegajushhej tolshhi. *Problemy nedropol'zovanija* 2018. no.1 (16). pp. 105—111. DOI: 10.25635/2313—1586.2018.01.105. [In Russ].

5. Zheltysheva O. D. Usanov S. V., Draskov V. P. Mery ohrany zdanij i sooruzhenij ot podzemnyh gornyh rabot v karstujushhemsja massive. *Problemy nedropol'zovanija*. 2016. no.2 (9). pp. 71—76. [In Russ].

6. Mel'nik V. V. Ocenka opasnosti karstoproyavlenij geofizicheskimi metodami. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2011. no. 7. pp. 151—155. [In Russ].

7. Sashurin A. D., Panzhin A. A., Mel'nik V. V. Obespechenie ustojchivosti bortov kar'erov v celyah bezopasnoj ekspluatacii transportnyh berm. Bezopasnost' truda v promyshlennosti. 2016. no. 7. pp. 28—33. [In Russ].

8. Zanutta A., Negusini M., Vittuari L., Cianfarra P., Salvini F. et al. Monitoring geodynamic activity in the Victoria Land, East Antarctica: Evidence from GNSS measurements. Journal of Geodynamics. 2017, Vol. 110, pp. 31—42.

9. Glikman A. G., "Physics and Practice of Spectral Seismic Exploration," available at: http:. www.newgeophys.spb.ru, 2018.

10. Gao Y., Guo Z., Yang J., Wang J., Wang Y. Steady analysis of gob-side entry retaining formed by roof fracturing and control techniques by optimizing mine pressure. Journal of China Coal Society, 2017, Vol. 42, pp. 1672—1681.

11. Sepehri M., Apel D., Liu W. Slope stability assessment and effect of horizontal to vertical stress ratio on the yielding and relaxation zones around underground open slopes using empirical and finite element methods. *Archives of Mining Science*, 2017, Vol. 62, no. 3, pp. 653—669.

12. Preene M. Techniques and Developments in Quarry and Surface Mine Dewatering. Proceedings of the 18-th Extractive Industry Geology Conference 2014 and technical meeting 2015, pp. 194—206.

13 Kuzmin Yu. O. The topical problems of identifying the results of the observations in recent geodynamics. *Izvestiya. Physics of thesolidearth*, 2014, Vol. 5, pp. 641 — 656.

14. Preene M. Techniques and Developments in Quarry and Surface Mine Dewatering. Proceedings of the 18-th Extractive Industry Geology Conference 2014 and technical meeting 2015, pp. 194 — 206.

15. Tagil'cev S. N., Cherednichenko A. V., Mel'nik V. V. Kompleksirovanie metodov gidrogeomekhaniki, elektrorazvedki i biolokacii dlya vybora mest zalozheniya gidrogeologicheskih skvazhin. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2020. no. 3 — 1. pp. 236 — 246. DOI: 10.25018/0236 — 1493 — 2020 — 31 — 0-236 — 246

16. Balek A. E., Ozornin I. L., Kayumova A. N. Sovmestnye zamery napryazhennogo sostoyaniya i modulya uprugosti porodnogo massiva pri prohodke shahtnyh stvolov. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2020. no. 3 — 1. pp. 21 — 36. DOI: 10.25018/0236 — 1493 — 2020 — 31 — 0-21 — 36.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Мельник Виталий Вячеславович — канд. техн. наук, заведующий отделом геомеханики, Институт горного дела Уральского отделения Российской академии наук (ИГД УрО РАН), Екатеринбург, Россия, melnik@igduran.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Melnik V. V., Cand. Sci. (Eng.), Head of the Geomechanics Department, Institute of Mining, Ural Branch, Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia, melnik@igduran.ru.

Получена редакцией 25.12.2020; получена после рецензии 17.03.2021; принята к печати 10.04.2021.
Received by the editors 25.12.2020; received after the review 17.03.2021; accepted for printing 10.04.2021.