

УДК 556:622.211(477.61/.62)

DOI: 10.46698/VNC.2023.93.35.015

Оригинальная статья

Гидравлические аспекты режима гидросферы на полях угольных шахт (на примере Восточного Донбасса)

А.В. Мохов 

Южный научный центр Российской академии наук,
Россия, 344006, Ростов-на-Дону, пр. Чехова, 41,
e-mail: mochov@ssc-ras.ru; mokhov_av@mail.ru

Статья поступила: 14.06.2023, доработана: 01.09.2023, принята к публикации: 08.09.2023

Резюме: Статья посвящена выявлению механизма трансформации гидравлического режима подземных и поверхностных вод на полях действовавших и ликвидированных с затоплением выработок угольных шахт Восточного Донбасса. **Актуальность исследований.** Определяется необходимостью развития научных основ прогнозирования гидродинамических последствий освоения угольных объектов подземным способом для решения вопросов их эксплуатации, охраны и реабилитации окружающей среды. **Цель исследований.** Совершенствование теоретических основ фильтрационного взаимодействия гидросферы и горных выработок угольных шахт. **Методы исследований.** Применены стандартные методы сбора натурных данных о режиме гидросферы региона, обработки и анализа информации. **Результаты исследований.** Эксплуатация и ликвидация угольных шахт вызвала сильные нарушения гидросферы Восточного Донбасса. Для участков эксплуатации и массовой (после 1995 г.) ликвидации шахт характерно нарушение состояния подземных и поверхностных водных объектов. Механизмы формирования нарушений окружающей среды разнообразны. Основной причиной снижения уровней подземных вод, утечек поверхностных вод являются их дренаж горными выработками по зонам водопродящих трещин сдвижения и откачка воды из шахт. Снижение уровней может быть вызвано формированием фильтрационно-емкостной структуры и новых очагов разгрузки. Выявлены утечки из водоемов без поступления воды в шахту по разрывным нарушениям. Локальные снижения уровня происходят под влиянием изменения емкостных свойств пород. Крупные депрессии подземных вод развиваются в основном у контура зон водопродящих трещин сдвижения над выработанным пространством сближенных разрабатываемых угольных пластов. Ликвидация шахт с затоплением выработок вызвала подъем уровня подземных вод, сокращение депрессий, появление источников шахтных вод в понижениях рельефа земной поверхности вдоль выходов кровли разрабатываемых пластов. Выпуск или откачка шахтных вод из шахт способствуют сохранению небольших депрессий подземных вод. Затопленные выработки становятся источниками прорывов шахтных вод в другие горные выработки, их растекания в недрах.

Ключевые слова: Восточный Донбасс, угольные залежи, подземная эксплуатация, ликвидация шахт, режим подземных и поверхностных вод, гидравлические аспекты.

Благодарности: Работа выполнена в рамках реализации Государственного задания ЮНЦ РАН, № Г.р. проекта 122020100345-8.

Для цитирования: Мохов А.В. Гидравлические аспекты режима гидросферы на полях угольных шахт (на примере Восточного Донбасса). *Геология и геофизика Юга России*. 2023. 13(3): 193-201. DOI: 10.46698/VNC.2023.93.35.015.

DOI: 10.46698/VNC.2023.93.35.015

Original paper

Hydraulic aspects of the hydrosphere regime in the fields of coal mines (on the example of Eastern Donbass)

A.V. Mokhov 

Southern Scientific Centre, Russian Academy of Sciences,
41 Chekhov ave., Rostov-on-Don 344006, Russian Federation,
e-mail: mokhov_av@mail.ru

Received: 14.06.2023, revised: 01.09.2023, accepted: 08.09.2023

Summary. The article is devoted to identifying the mechanism of transformation of the hydraulic regime of underground and surface waters in the fields of working and liquidated mine of coal mines in Eastern Donbass due to flooding. **Relevance.** It is determined by the need to develop the scientific basis for predicting the hydrodynamic consequences of the development of coal objects by underground methods in order to resolve issues of their operation, protection and rehabilitation of the environment. **Aim.** Improving the theoretical foundations of filtration interaction between the hydrosphere and the workings of coal mines. **Methods.** Standard methods were used for collecting field data on the regime of the region's hydrosphere, processing and analyzing information. **Results.** The exploitation and liquidation of coal mines caused severe disturbances in the hydrosphere of Eastern Donbass. Areas of exploitation and mass (after 1995) liquidation of mines are characterized by disruption of the condition of the state of underground and surface water bodies. The mechanisms of formation of environmental disturbances are varied. The main reason for the decrease in groundwater levels and leakage of surface water is their drainage by mine workings along the zones of water-conducting subsidence cracks and pumping out of water from mines. A decrease in levels may be caused by the formation of a filtration-capacitive structure and new centers of unloading. Leaks from reservoirs were revealed without water entering the mine trough rock faults. Local level decreases also occur under the influence of changes in the capacitive properties of rocks. Large groundwater depressions develop mainly near the contour of zones of water-conducting shear cracks above the mined-out space of adjacent mined coal seams. The liquidation of mines with the flooding of workings caused a rise in the level of groundwater, a reduction in depressions, and the appearance of sources of mine water in depressions of the earth's surface along the outcrops of the roof of the developed layers. The release or pumping of mine water from mines helps maintain small groundwater depressions. Flooded workings become sources of mine water breakthroughs into other mine workings and their spreading into the depths.

Key words: Eastern Donbass, coal deposits, underground exploitation, liquidation of mines, regime of underground and surface waters, hydraulic aspects.

Acknowledgements: *The work was carried out as part of the implementation of the state task of the UNC RAS, state registration number of the project 122020100345-8.*

For citation: Mokhov A.V. Hydraulic aspects of the hydrosphere regime in the fields of coal mines (on the example of Eastern Donbass). *Geologiya i Geofizika Yuga Rossii = Geology and Geophysics of Russian South.* (in Russ.). 2023. 13(3): 193-201. DOI: 10.46698/VNC.2023.93.35.015.

Введение

Одним из следствий подземной эксплуатации угольных залежей является площадное снижение уровней подземных вод (ПВ) и осушение горных пород. Обычно сокращение расхода водотоков и водоемов на поверхности вплоть до их исчезновения. Для участков ликвидации шахт с затоплением выработок типичны тенденции

возврата ряда характеристик гидросферы к исходному состоянию, появление выходов шахтных вод. Большую остроту приобрели эти вопросы в Восточном Донбассе.

Научно-методические основы прогнозирования трансформации гидросферы в этих ситуациях разработаны недостаточно, базируются на горно-геометрических построениях, слабо учитывают натурные данные.

Причины спада уровней ПВ, утечек из гидросети исследователями разных стран связываются с дренажным влиянием выработанного пространства (ВП) шахт посредством зон водопроводящих трещин сдвижения (ЗВТС), подъема уровня при затоплении шахт – снижением разгрузки ПВ вследствие сокращения сечения трещин [Безопасная..., 1975; Вартанян, 2003; Гидрогеология ..., 1971; Зубков и др., 2017; Норватов, 1988; Правила ..., 1998; Мироненко и др., 2002; Рыбникова и др., 2013; Трубецкой и др., 2021; Cao Zhiguo et al., 2014; Fan Limin et al., 2021] и рядом других причин [Одинцев и др., 2015; Mokhov, 2007]. Распространение дренажа ПВ локализуется на ограниченных площадях и частях массива (Гидрогеология ..., 1971). Влияние геоструктурных и ряда других факторов рассмотрено в [Илюхин, 2012; Закруткин и др., 2022; Парада и др., 2023; Vatugin, 2020]. Выявлено самопроизвольное растекание вод затопленных шахт [Мохов, 2012; Mokhov, 2007].

Современное состояние гидросферы сформировалось в Восточном Донбассе под влиянием полуторавековой разработки угля подземным способом и «мокрой», то есть, с затоплением горных выработок, ликвидации многих десятков шахт. К настоящему моменту времени здесь имеется 5 действующих шахт. За годы эксплуатации произошло распространение ВП на большой площади с проникновением на глубину до 1 км. Положение площадей с преобладанием сильного спада уровней к началу массовой ликвидации (около 1995 г.) отражено на рисунке 1. Гидрогеологическая обстановка здесь к ее концу (около 2015 г.) коренным образом различается.

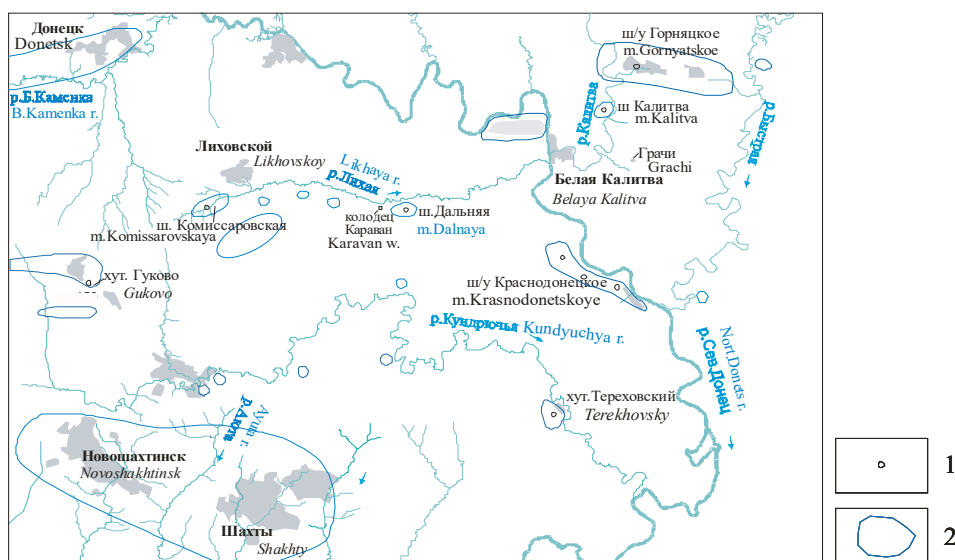


Рис. 1. Площади с преобладающим снижением уровней подземных вод под влиянием водоотливов действующих шахт и распространения шахтных вод к 2023 г. после ликвидации шахт (Восточный Донбасс)

Условные обозначения: 1 – Угольная шахта, упомянутая в тексте; 2 – Площади с преобладанием снижения уровней подземных вод (до начала ликвидации шахты) и распространения шахтных вод в выработанном пространстве (к 2023 г.) /

Fig. 1. Areas with a predominant decrease in groundwater levels under the influence of dewatering of existing mines and the spread of mine waters by 2023 after the liquidation of mines (Eastern Donbass)

Symbols: 1 – The coal mine mentioned in the text; 2 – Areas with a predominance of a decrease in groundwater levels (before the start of the liquidation of the mine) and the spread of mine waters in the goaf (by 2023)

Настоящая публикация посвящена рассмотрению натуральных данных о гидравлических событиях в недрах, реакции гидросети региона на рубеже тысячелетий в связи с разработкой угольных залежей и ее сворачиванием. Их исследование позволяет раскрыть типологию и механизмы гидравлической трансформации гидросферы как научной основы разработки прогнозов.

Материалы и методы исследования

Использованы личные полевые материалы автора, литературные данные. Применены стандартные методы сбора и обработки информации.

Результаты исследований и их обсуждение

Одни из первых свидетельств о трансформации гидродинамического режима ПВ на полях действующих шахт Донбасса в целом к середине 1960-х гг. помещены в [Гидрогеология..., 1971]. Указывается на незатронутость режима ПВ верхних горизонтов над ВП дренирующим влиянием шахт. На выходах угольных пластов происходит формирование общих депрессий ПВ разных шахт длиной нескольких километров. Чередование водоносных и водоупорных пород затрудняет дренаж массива. В указанном источнике приведен ряд конкретных данных о влиянии шахт.

С подобными явлениями автор настоящей публикации сталкивался практически повсеместно при обследовании земельных отводов шахт и пьезометров в различных частях региона с 1970-х гг. по настоящее время.

На большей части поля действовавшей шахты (ш.) «Комиссаровская» (у пос. Лиховской) имелись естественные выходы ПВ и колодцы. В колодце с весенним самоизливом воды ее меженный уровень стабильно находился на глубине 4–5 м. Показателем распространения депрессии поверхности ПВ в кровле пласта угля и сохранения ее после ограниченного затопления шахты служит отсутствие водозаборных скважин и колодцев на выходе кровли, при наличии их на выходе почвы пласта. Режим ПВ колодца не изменился.

На подработанной части поля действующего Горняцкого шахтоуправления (ш/у) зафиксированы крупные выходы ПВ, которые после затопления выработок сохранились. Родники и балочные водотоки имелись и имеются на поле соседней ш. «Калитва» до и после затопления. На поле действующего ш/у «Краснодонецкое» (у пос. Синегорский) имелись естественные выходы ПВ из почвы разрабатываемого пласта и на удалении свыше 70–80 м над ВП. «Мокрая» ликвидации шахты привела к выделению из данного интервала шахтных вод по ЗВТС.

Протяженность депрессий вдоль простирания может быть также довольно небольшой даже при длительном водопонижении.

Так, наблюдения показывают сохранение круглогодичного самоизлива колодца «Караван», находящегося в 1,3 км вдоль простирания слоев от границ ВП по разрабатываемому на протяжении десятилетий пласту антрацита ш. «Дальняя». Колодцем каптируются слои в 75–90 м над угольным пластом. В целике на промплощадке, рядом с границей ВП скважина каптирует слои песчаников и известняка в интервале, расположенном ближе к разрабатываемому пласту, чем у колодца. Колодец

и скважина находятся также в 2 км от границы ВП по простиранию затопленной свыше 20 лет назад ш. № 410. Отсутствие влияния горных работ на эти водопункты указывает на малые размеры и изолированность сформированной водоотливом депрессии, слабое распространение возмущений как вдоль, так и вкрест простирания слоев. Наклонное залегание слоев ($25\text{--}30^\circ$) препятствует перетоку и значительной разгрузке ПВ в рельеф.

Материалы обследования полей действующих шахт указывают на преобладание локализации автономных депрессий ПВ между относительно удаленными друг от друга разрабатываемыми пологими и полого-наклонными пластами. Снижение уровней тяготеет к объемам дренажа массива посредством ЗВТС, проявляясь в виде полос вдоль простирания на выходах пластов. Типовую схему дренажа объектов иллюстрирует рисунок 2.

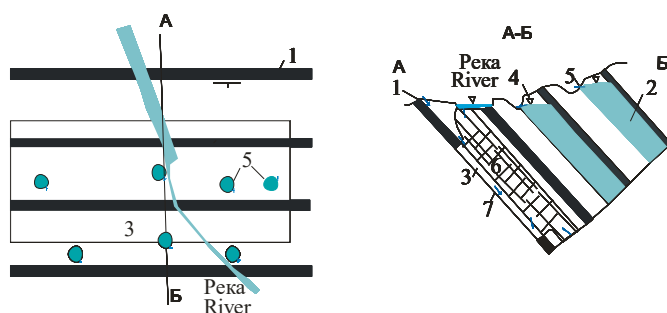


Рис. 2. Схема фильтрационного взаимодействия угольной шахты со скоплениями подземных и поверхностных вод

Условные обозначения: 1 – угольный пласт; 2 – водоносный горизонт; 3 – выработанное пространство; 4 – уровень подземных вод; 5 – родник; 6 – зона водопроводящих трещин сдвижения; 7 – поток воды/

Fig. 2. Scheme of filtration interaction of a coal mine with accumulations of underground and surface water

Symbols: 1 – coal seam; 2 – aquifer; 3 – goaf; 4 – level groundwater; 5 – spring; 6 – zone of water-conducting subsidence cracks; 7 – water flow

Выводы о размещении каналов поступления ПВ в шахты согласуются с данными о локализации утечек сюда из поверхностных водотоков.

Так, в створе, расположенном в 200 м ниже по течению от выхода разрабатываемого пласта под аллювий, расход р. Аюта у г. Шахты оказался на $45\text{ м}^3/\text{ч}$ меньше, чем в 1,5 км выше по течению [Гидрогеология ..., 1971]. Аналогичная ситуация существовала на стадии эксплуатации и сохранилась после затопления выработок на ш/у «Краснодонецкое». Здесь автором обнаружено исчезновение на участке выхода ЗВТС в кровле угольного пласта и возобновление балочного водотока через 70–100 м. На поле ш. «Западная» Горняцкого ш/у имелся и после ее затопления сохраняется протяженный водоток явно в условиях отсутствия его дренажа. Подработка русла реки (глубина около 250 м) ш. «Краснолучская» (западнее ш. «Комиссаровская») на участках выхода в долину сместителей крутопадающих сбросов привела к потере расхода (около $1100\text{ м}^3/\text{ч}$ на дистанции 700 м) и поступлению в шахту соизмеримого водопритока. Обнаружена утечка около $70\text{ м}^3/\text{ч}$ воды из балочного водотока. На участке зафиксирована серия фонтанирующих скважин. Вероятно развитие сдвижением локальных водопроводящих дизъюнктивных каналов.

В хуторе Тереховский обнаружен случай сильного влияния шахтного водоотлива на ПВ покровных отложений. За 3 года вне поля шахты развился спад уровня

воды в толще песков местами до 15 м. Произошло резкое сокращение дебита источников ПВ в балке. Эти эффекты обусловлены охватом хутора депрессией ПВ, протяженностью свыше 1 км от границы ВП.

В целом отметим, что на подработанных территориях имелось и имеется много водотоков и водоемов, не участвующих в обводнении выработок – признак невовлечения в дренаж ПВ всей надугольной толщи.

Формирование депрессий возможно также под влиянием причин, непосредственно не связанных с водоотливом и дренажом ЗВТС.

Так, в конце 1990-х гг. в восточной части хутора Гуково (у г. Гуково) произошел внезапный спад уровня амплитудой до 3 м уровня ПВ в колодцах и скважинах, каптирующих мощный слой песчаников углепродуктивных отложений, прекращение круглогодичного самоизлива одного из колодцев. Трансформация связана с подработкой этой части хутора на глубине около 0,8 км. Дополнительные водопроявления в шахте отсутствовали. В западной части хутора режим ПВ изменений не претерпел. В хуторе в целом он сохраняется в течение двух десятилетий без изменений, несмотря на затопление шахты. На причину спада указывают результаты изучения сдвижения земной поверхности, показавшие старт события при ее оседании на величину около 0,35 м. Как показано нами ранее, геомеханические основания позволяют связать спад с ростом ёмкостных свойств слоя, что создало иллюзию ухода воды. Положение уровня регулирует созданный сдвижением очаг разгрузки ПВ в овраге на более низкой отметке.

О возможности локального появления неводопроводящих каналов свидетельствуют случаи ухода крупных прудов на полях действующих шахт. Один из них произошел у г. Новошахтинск (канал утечки воды остался невыясненным), второй – у г. Краснодон. Приращения водопритока в шахты не произошло. Последнее событие интересно уходом воды по образовавшейся в чаше водоема в тальвеге балке крупной трещине. Изучение материалов показало, что причиной утечки послужило отслаивание при сдвижении лежачего бока надвига от висячего с формированием поглощающей емкости, не получившей немедленную сообщаемость с ВП.

В ходе массовой ликвидации подъем ПВ привел к сокращению размера депрессий. Выделениями шахтных вод охвачены в основном участки выходов ЗВТС на поверхность, часто в понижениях рельефа. Там, где уровни ПВ сохранялись на стадии эксплуатации неизменными, их повышение отсутствует. Однако, у гг. Шахты, Новошахтинск, Гуково восстановления уровней на естественных отметках не произошло, ввиду откачки или выпуска воды из затопленных шахт. Контуры площадей с преобладанием подъема уровней распространения крупных затопленных ВП показаны на рисунке 1.

Аналогичные рассмотренным гидрогеологические и иные последствия проявлялись до начала Великой Отечественной войны (1941–1945 гг.), в ходе нее, конце и по завершению, когда были затоплены, и восстанавливались все шахты бассейна в целом.

Появление интрузий воды в ВП шахт привело к изменению гидрогеологической обстановки [Мохов, 2012]. Зафиксированы прорывы и перетоки воды отсюда через целики в ш. «Западная» (до 50000 м³/ч), из ш. «Несветаевская» в ш. «Соколовская» (до 200 м³/ч) в г. Новошахтинск [Mokhov, 2007; Мохов, 2012] при нарастании и ослаблении гидростатического давления на целик. Водопроявления имели пульсирующий характер, указывая на периодическое раскрытие, смыкание и волны рас-

пространения проводящих трещин, формирования значительных градиентов напора ПВ. Известны выбросы воды из шахт на поверхность.

Нами выявлено несколько случаев далекого растекания вод шахтного состава, приведших к замещению низко минерализованных ПВ. В наиболее ярком из них (у пос. Грачи) величина сухого остатка и содержание сульфат-ионов в воде неглубокой скважины выросли за 3 года в 3–4 раза. Поступление воды из ш. «Калитва» произошло на расстояние не менее чем на 7 км с подъемом на 130 м выше уровня ее затопления. Вероятными путями растекания служат слои песчаников, известняков и зоны разрывных нарушений. Причиной этих событий является разрядка напряженного состояния, созданного действием в горном массиве архимедовых сил со стороны подземных водных объектов [Мохов, 2012].

Выводы

К началу массовой ликвидации шахт на периферии региона произошло развитие крупных депрессий поверхности ПВ вдоль простирания слоев. Спад уровней охватил в основном дренируемые водоотливом шахт части горного массива. Зафиксированы утечки воды из гидросети в выработки шахт и недр. В условиях водоотведения из шахт снижение уровней ПВ связано с существованием природной и формированием при сдвигении водопроводящей структуры, ростом емкостных свойств пород, понижением базиса дренажа водных объектов. Формирование депрессий продолжается у пяти действующих шахт, а их поддержание локализуется на участках откачки и выпуска воды из затопленных шахт. Ликвидация вызвала подъем поверхности, сокращение размеров депрессий ПВ, выделения шахтных вод на земной поверхности на участках выхода сюда ЗВТС.

Литература

1. Батугин А.С. О роли тектонофизических исследований в оценке промышленной и геологической безопасности разработки угольных месторождений. // ГИАБ. – М.: МГУ. – 2021. – № 2-1. – С. 241-250.
2. Безопасная выемка угля под водными объектами. / Б.Я. Гвирцман, Н.Н. Кацнельсон, Е.В. Бошняков и др. – М.: Недра, 1977. – 175 с.
3. Варганян Г.С. Геодинамические процессы во флюидосфере и некоторые их следствия. // Отечественная геология. – 2003. – №3. – С. 44–50.
4. Гидрогеология СССР. Т. VI. Донбасс. – М.: Недра, 1971. – 480 с.
5. Закруткин В.Е., Гибков Е.В., Решетняк В.Н. Химический состав и некоторые особенности минералообразования в донных отложениях рек бассейна Северского Донца (в пределах Ростовской области). // Геология и геофизика Юга России. – 2022. – №1 Т. 12. – С. 19-34. DOI: 10.46698/VNC.2022.20.40.002.
6. Зубков В.В., Зубкова И.А. Формирование зоны техногенных водопроводящих трещин над очистной выработкой. // Науки о Земле. – 2017. – №5(59). – С. 172-175. DOI: 10.23670/IRJ.2017.59146.
7. Илюхин Д.А. Зависимость параметров зон водопроводящих трещин от геологического строения подрабатываемой толщи. // Маркш.-геодезич. обеспечение рац. использ., охраны недр и строительства сооружений. – Межвуз. сб. науч. тр. Юж.-Рос.гос.техн.ун-т (НПИ). – Новочеркасск: ЮРГТУ(НПИ). – 2012. – С. 41-46.
8. Мироненко В.А., Румынин В.Г. Проблемы гидрогеоэкологии. Т.1. Теоретическое изучение и моделирование геомиграционных процессов. – М.: МГУ, 2002. – 611 с.
9. Мохов А.В. Гидродинамическая эволюция пустотного пространства каменноугольных шахт под влиянием затопления. // Вестник Южного научного центра РАН. – 2012. – Т. 8. № 3. – С. 42-49.

10. Норватов Ю.А. Изучение и прогноз техногенного режима подземных вод (при освоении месторождений полезных ископаемых). – Л.: Недра, 1988. – 261 с.
11. Одинцев В.Н., Милетенко Н.А. Прорыв воды в горные выработки как следствие самопроизвольного гидроразрыва массива горных пород. // ФТПРПИ. – 2015. – №3. – С. 3-16.
12. Парада С.Г., Гамбург К.Ю. Рудно-магматические системы Восточного Донбасса // Геология и геофизика Юга России. – 2023. – Т. 13. №2. – С.95-105. DOI: 10.46698/VNC.2023.84.41.008.
13. Правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных разработок на угольных месторождениях. // Минтопэнерго РФ, РАН, ВНИМИ. – СПб: Недра, 1998. – 291 с.
14. Рыбникова Л.С., Рыбников П.А. Геофильтрационная модель массива горных пород в области влияния обрабатываемых и ликвидируемых рудников горноскладчатого Урала. // Литосфера. – 2013. – №3. – С. 130-136.
15. Трубецкой К.Н., Милетенко Н.А. Прогноз гидрогеомеханических процессов при подработке водных объектов. // Горный журнал. – 2021. – №3. – С. 73-79. DOI: 10.17580/gzh.2021.03.02.
16. Batugin A.S. Reactivation of major faults during strong rock bursts as realization of tectonic process. // Proceedings of the 14th International Congress on Rock Mechanics and Rock Engineering ISRM 2019. – Foz do Iguassu, Brasil. – 2020. – pp. 1261-1268.
17. Cao Zhiguo, Li Quansheng, Dong Binqi. Water Resource Protection and Utilization Technology and Application of Coal Mining in Shendong Mining Area [J]. // Coal engineering. – 2014.- – Vol. 46(10). – pp. 162-164+168.
18. Cao Zhiguo, Ju Jinfeng, Xu Jialin. Distribution model of water-conducted fracture main channel and its flow characteristics[J]. // Journal of China Coal Society. – 2019. – Vol. 44(12). – pp. 3719-3728.
19. Fan Limin, Wu Qunying, Peng Jie, et al. Thoughts and methods of geological environment monitoring for large coal bases in the middle reaches of the Yellow River [J]. // Journal of China Coal Society. – 2021. – Vol. 46(5). – pp. 1417-1427.
20. Liu Gui, Wang Yilong, Gao Chao, etc. Feasibility analysis of multiple coal seams mining under reservoir and dam[J]. // Coal Science and Technology. – 2020. – Vol. 48(10). – pp. 185-191.
21. Mokhov A.V. Fissuring due to Inundation of Coal Mines and Its Hydrodynamic Implications. // Doklady Earth Sciences. – 2007. – Vol.414. No.4. – pp. 519-521. DOI: 10.1134/S1028334X0704006X.

References

1. Batugin A.S. On the role of tectonophysical research in assessing the industrial and geocological safety of coal deposits development. GIAB. – M.: MGGU. 2021. No. 2-1. pp.241-250. (in Russ.)
2. Safe mining of coal under water bodies. B.Ya. Gvirtzman, N.N. Katsnelson, E.V. Boshenyatov and others. Moscow. Nedra, 1977. 175 p. (in Russ.)
3. Vartanyan G.S. Geodynamic processes in the fluidosphere and some of their consequences. Otechestvennaya geologiya. 2003. No. 3. pp. 44–50. (in Russ.)
4. Hydrogeology of the USSR. T. VI. Donbass. Moscow. Nedra, 1971. 480 p. (in Russ.)
5. Zakrutkin V.E., Gibkov E.V., Reshetnyak V.N. Chemical composition and some features of mineral formation in the bottom sediments of the rivers of the Seversky Donets basin (within the Rostov region). Geology and geophysics of the South of Russia. 2022. No. 1. pp. 19-34. DOI: 10.46698/VNC.2022.20.40.002.
6. Zubkov V.V., Zubkova I.A. Formation of a zone of technogenic water-conducting cracks over a stope working. Nauki o Zemli. 2017. No. 5(59).pp. 172-175. DOI: 10.23670/IRJ.2017.59146. (in Russ.)
7. Ilyukhin D.A. Dependence of the parameters of the zones of water-conducting cracks on the geological structure of the undermined stratum. Marksh.-geodesic. providing rac. use, protection

of subsoil and construction of structures. Interuniversity. Sat. scientific tr. South-Russian state technical university (NPI). Novocherkassk. YuRGTU (NPI). 2012. pp. 41-46. (in Russ.)

8. Mironenko V.A., Rumynin V.G. Problems of hydrogeoeology. T.1. Theoretical study and modeling of geomigration processes. Moscow. MGGU. 2002. –611 p. (in Russ.)

9. Mokhov A.V. Hydrodynamic evolution of the void space of coal mines under the influence of flooding. Bulletin of the Southern Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. 2012. Vol. 8. No. 3. pp. 42-49. (in Russ.)

10. Norvatov Yu.A. Study and forecast of the technogenic regime of groundwater (during the development of mineral deposits). Leningrad. Nedra, 1988.261 p. (in Russ.)

11. Odintsev V.N., Miletenko N.A. Water breakthrough into mine workings as a consequence of spontaneous hydraulic fracturing of a rock mass. FTPRPI. 2015. No. 3. pp. 3-16. (in Russ.)

12. Parada S.G., Hamburg K.Yu. Ore-magmatic systems of the Eastern Donbas. Geology and geophysics of the South of Russia. 2023. No. 2. pp. 95-105. DOI: 10.46698/VNC.2023.84.41.008.

13. Rules for the protection of structures and natural objects from the harmful effects of underground mining in coal deposits. Ministry of Fuel and Energy of the Russian Federation, Russian Academy of Sciences, VNIMI. St. Petersburg. Nedra, 1998. 291 p. (in Russ.)

14. Rybnikova L.S., Rybnikov P.A. Geofiltration model of a rock mass in the area of influence of mined and liquidated mines of the folded Urals. Lithosphere. 2013. No. 3. pp. 130-136. (in Russ.)

15. Trubetskoy K.N., Miletenko N.A. Forecast of hydrogeomechanical processes during the underworking of water bodies. Mining Journal. 2021. No.3.pp. 73-79. DOI: 10.17580/gzh.2021.03.02. (in Russ.)

16. Batugin A.S. Reactivation of major faults during strong rock bursts as realization of tectonic process. Proceedings of the 14th International Congress on Rock Mechanics and Rock Engineering ISRM 2019. Foz do Iguassu, Brasil. 2020. pp. 1261-1268.

17. Cao Zhiguo, Li Quansheng, Dong Binqi. Water Resource Protection and Utilization Technology and Application of Coal Mining in Shendong Mining Area [J]. Coal engineering. 2014. Vol. 46(10). pp. 162-164+168.

18. Cao Zhiguo, Ju Jinfeng, Xu Jialin. Distribution model of water-conducted fracture main channel and its flow characteristics[J]. Journal of China Coal Society. 2019. Vol. 4(12). pp. 3719-3728.

19. Fan Limin, Wu Qunying, Peng Jie, et al. Thoughts and methods of geological environment monitoring for large coal bases in the middle reaches of the Yellow River [J]. Journal of China Coal Society. 2021. No.46(5). pp. 1417-1427.

20. Liu Gui, Wang Yilong, Gao Chao, etc. Feasibility analysis of multiple coal seams mining under reservoir and dam[J]. Coal Science and Technology. 2020. Vol. 48(10). pp. 185-191.

21. Mokhov A.V. Fissuring due to Inundation of Coal Mines and Its Hydrodynamic Implicatios. Doklady Earth Sciences. 2007. – Vol. 414. No.4. pp. 519-521. DOI: 10.1134/S1028334X0704006X.