

УДК 556.3:553.96(575.22)
DOI: 10.36979/1694-500X-2023-23-8-150-155

*Посвящается памяти дорогого отца,
учителя профессора Ш.А. Мамбетова*

**ИССЛЕДОВАНИЯ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ
СУЛЮКТИНСКОГО БУРОУГОЛЬНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ДЛЯ СОЗДАНИЯ
ЕСТЕСТВЕННОЙ ЦИФРОВОЙ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ**

Р.Ш. Мамбетова, А.А. Абдиев, А.Р. Абдиев

Аннотация. Исследуются гидрогеологические условия Сулюктинского бурогоугольного месторождения, являющиеся одним из главных факторов, от которого зависят особенности его освоения и который определяет технико-экономическую целесообразность освоения недр. Подземные воды в шахтах могут оказывать влияние на выемку полезных ископаемых – изменяя физико-механические свойства массива горных пород, тем самым нарушая его устойчивость, снижая его качество и объем, что препятствует осуществлению горнопроходческих работ. Поэтому с точки зрения гидрогеологических исследований правильный учет режима подземных вод необходим в качестве исходных данных для проектирования и планирования освоения угольного месторождения. На формирование геофильтрационных потоков оказывает влияние комплекс режимообразующих факторов и условий, которые определяют величину и соотношение запасов подземных вод на территории месторождения. К основным естественным условиям относятся: климат, география, геоморфология, геологическое строение, тектоника, гидрогеология, гидрология и др. Уровни влияния каждого из этих условий на формирование режима подземных вод могут быть различными и определяются конкретными условиями их проявления, что, в свою очередь, можно визуализировать в пространственно-временной цифровой гидродинамической модели.

Ключевые слова: угольное месторождение; гидрогеологические условия; режим подземных вод; цифровая гидродинамическая модель.

**ТАБИГЫЙ САНАРИП ГИДРОДИНАМИКАЛЫК МОДЕЛИН ТУЗУУ УЧУН
СҮЛҮКТҮ КҮРӨҢ КӨМҮР КЕНИНИН
ГИДРОГЕОЛОГИЯЛЫК ШАРТТАРЫН ИЗИЛДӨӨ**

Р.Ш. Мамбетова, А.А. Абдиев, А.Р. Абдиев

Аннотация. Аны өздөштүрүүнүн өзгөчөлүктөрү көз каранды болгон жана жер казынасын өздөштүрүүнүн техникалык-экономикалык максатка ылайыктуулугун аныктаган башкы факторлордун бири болгон Сүлүктү күрөң көмүр кенинин гидрогеологиялык шарттары изилденген. Шахталардагы жер астындагы суулар пайдалуу кендерди казууга таасирин тийгизиши мүмкүн – тоо тектеринин физикалык-механикалык касиеттерин өзгөртүп, анын туруктуулугун бузуп, сапатын жана көлөмүн төмөндөтүп, тоо-кен иштерин жүргүзүүгө тоскоол болот. Ошондуктан гидрогеологиялык изилдөөлөрдүн көз карашынан алганда, жер астындагы суулардын режимин туура эсепке алуу көмүр кенин иштетүүнү долбоорлоо жана пландаштыруу үчүн баштапкы маалыматтар катары зарыл. Геофильтрациялык агымдардын пайда болушуна кендин аймагындагы жер астындагы суулардын запасынын чоңдугун жана катышын аныктоочу режимдерди түзүүчү факторлордун жана шарттардын комплекси таасир этет. Негизги табигый шарттарга: климат, география, геоморфология, геологиялык түзүлүш, тектоника, гидрогеология, гидрология ж. б. кирет. Бул шарттардын ар биринин жер астындагы суулардын режиминин калыптанышына тийгизген таасири ар кандай болушу мүмкүн жана алардын көрүнүшүнүн конкреттүү шарттары менен аныкталат, бул өз кезегинде мейкиндик-убакыт санариптик гидродинамикалык моделинде чагылдырылышы мүмкүн.

Түйүндүү сөздөр: көмүр кени; гидрогеологиялык шарттар; жер астындагы суулардын режими; санариптик гидродинамикалык модели.

**RESEARCH OF HYDROGEOLOGICAL CONDITIONS
OF THE SULYUKTA BROWN COAL DEPOSIT
TO CREATE A NATURAL DIGITAL HYDRODYNAMIC MODEL**

R.Sh. Mambetova, A.A. Abdiev, A.R. Abdiev

Abstract. This article is devoted to the study of the hydrogeological conditions of the Sulukta lignite deposit, which is one of the main factors on which the features of its development depend. It is important to note that quite often it is the influence of the water factor that determines the technical and economic feasibility of subsoil development. Groundwater in mines can affect the extraction of minerals - changing the physical and mechanical properties of the rock mass, thereby violating its stability, reducing its quality and volume, preventing the implementation of mining operations - worsening the working conditions of miners, as well as the operation of mining transport equipment. From the point of view of hydrogeological research, the first aspect is of interest, which directly depends on the correct consideration of the groundwater regime as initial data for the design and planning of the development of a coal deposit, and the preliminary development of engineering measures. This aspect is one of the most important characteristics of geofiltration flows, the formation of which is influenced by a complex of regime-forming factors and conditions, and first of all, natural factors and conditions that determine the magnitude and ratio of groundwater reserves in the field, the features of their location and changes in space and time makes it difficult to interpret the results of regime observations. The main natural conditions include: climate, geography, geomorphology, geological structure, tectonics, hydrogeology, hydrology, etc. The levels of influence of each of the listed natural conditions on the formation of the groundwater regime can be different and are determined by the specific conditions for their manifestation, which, in turn, can be visualized in a spatiotemporal digital hydrodynamic model.

Keywords: coal deposit; hydrogeological conditions; groundwater regime; digital hydrodynamic model.

Введение. В Кыргызской Республике из-за интенсивного освоения природных ресурсов, осуществляемых без полного учета всего спектра экологических последствий, происходит нарушение и загрязнение почвенного покрова земли. В шахтерских городах республики распространены значительные очаги антропогенных нарушений земной поверхности и загрязнений почвенного покрова. Значительная роль в загрязнении земель шахтерских городов принадлежит угольным предприятиям, начавших свою деятельность еще в союзное время, и количество которых в последние годы значительно увеличилось [1, 2].

Очаги нарушения земель подземными горными работами и загрязнение почвы от угольных предприятий сформировались в окрестностях городов Сулюкта, Кок-Жангак и др. Здесь происходят оползни и провалы земной поверхности, вызванные подземными горными работами. Часть нарушенных подземными горными работами земель подпадают в горные и земельные отводы угольных предприятий, часть выходит за их пределы [1, 2]. Разработанные мероприятия по решению указанных проблем, предусмотренных Стратегией устойчивого развития промышленности Кыргызской Республики на 2019–2023 гг. (СУРП) [3], включают изучение возможностей снижения воздействия добычи угля на окружающую среду.

В этой связи, весьма актуальна разработка научно обоснованной цифровой гидродинамической модели Сулюктинского бурого угольного месторождения для решения задач антропогенного воздействия угольных предприятий на земельные ресурсы, нарушенные горными работами и приведение их в безопасное экологическое состояние.

Материалы и методы исследования. Сулюктинское месторождение бурых углей расположено в межгорной котловине на юго-западных склонах Ферганской долины, в зоне предгорий Туркестанского хребта, на территории Ляйлякского района Баткенской области. Площадь месторождения представляет собой долину тектонического происхождения с холмистой и пересеченной долинами сав поверхности рельефа. Ограничивается с севера хребтом Бел-Алма, а с юга – хребтом Ортон-Туз, сложенными породами палеозойского возраста. С запада ограничивается рекой Исфана, с востока – рекой Ляйляк. Сложный рельеф и разнообразие пород, слагающих месторождение, обуславливает образование оползней, провалы земной поверхности. Наибольшие оползни зафиксированы на юге, северо-западе и севере месторождения [4].

Месторождение по геоморфологическим и структурным признакам делится на четыре (с запада на восток) площади: Западную, Кошбулакскую, Хоросанскую и Кокинесайскую [4].

На месторождении выделены участки: Шарлы-Варле, № 5, 6, 7, 8, 9, промежуточный, №1 1, № 12, Северный, Кокинесай и поля ранее действовавших шахт № 1, 2, 4, 6, 9, 8/18 [4]. В последующем многие шахты были закрыты, а некоторые объединены. Так, шахтные поля № 2 и № 4 были объединены в шахту № 2/4, поля шахты № 6 и № 8/18 объединены в одну шахту № 6/18. Шахты № 2/4, действовавшая с 1914 г., была законсервирована в 1985 году. На площади участка № 12 с 1978 г. разработку угля открытым способом вел угольный разрез Кызыл-Булак, а с 1985 г. разработку угля на данном участке подземным способом продолжила опытно-эксплуатационная шахта «Восточная» [1, 2].

В настоящее время в пределах месторождения действуют 40 частных угольных шахт (ОсОО и ИП), из них более 30 шахт отрабатывают предохранительные целики и защитные пачки угля на ранее отработанных и законсервированных шахтах. Около 10 шахт ведут добычу угля на новых участках месторождения [1, 2].

В пределах Сулюктинского бурогоугольного месторождения подземные воды приурочены к четвертичным, неогеновым, палеогеновым, меловым, юрским и палеозойским отложениям [4–6].

Неоген-палеогеновый водоносный горизонт приурочен к песчанистым глинам, глинам неогена, известнякам и песчаникам туркестанского и алайского слоев палеогена. Мощность отложений до 250 м, развит широко. Воды на смежной площади, коэффициент фильтрации пород – 0,016 м/сут.

Водоносный горизонт мела приурочен к кварцевым пескам и базальным конгломератам. Воды пластовые, поровые. Опробован скважиной № 1145 на поле шахты 6/18, коэффициент фильтрации – 0,0004 м/сут. Питание происходит за счет атмосферных осадков в местах обнажения соответствующих отложений. Разгрузка – предположительно в нижележащие водоносные горизонты пород через взброс – 17, протягивающийся в субширотном направлении на севере участка.

Юрский водоносный комплекс. Воды юрских отложений пластовые, порово-трещинные, напорные. В пределах юрских отложений выделены пять водоносных слоев. При этом пятый, четвертый и третий водоносные слои гипсометрически расположены над пластом угля и образуют надугольный горизонт, а второй и первый слои – под пластом угля и образуют подугольный водоносный горизонт. Пятый водоносный слой юры приурочен к конгломератам цикла Н5 хоросанской свиты. Удален от пласта угля на 100–150 м, мощность слоя – 30–50 м, опробован на смежных участках (скв. № 56, 105, 1111, 11540), согласно имеющимся данным коэффициент фильтрации пород изменяется в пределах 0,002–2,7 м/сут. В обводнении горных выработок непосредственное участие принимать не будет, но будет являться источником подпитки нижележащих слоев через гидравлические окна.

Четвертый водоносный слой юры приурочен к конгломератам цикла Н1 хоросанской свиты. Четвертичный водоносный горизонт приурочен к современным осадкам саев, предоставленных галечниками и суглинками мощностью до 10–15 м. Мощность водоносного слоя – до 70 м, слой удален от рабочего пласта угля на 35–100 м. Опробован в скважинах № 1099 бис, № 1120, № 1154 на шахтном поле 6/18 и в скважине № 48. Коэффициент фильтрации – 0,0001–0,001 м/сут. Будет участвовать в обводнении, как посредством инфильтрации в нижележащей третий слой, так и непосредственно после обрушения кровли.

Третий водоносный слой приурочен к конгломератам цикла С хоросанской свиты, являющейся кровлей пласта угля. От последнего отделен слоем глинистых пород мощностью 2–15 м. Мощность водоносного слоя 25–65 м, средний коэффициент фильтрации – по данным опробования десяти скважин на смежных участках 6/18 и «Северный» – 0,0007 м/сут. Третий водоносный слой является основным источником водопритоков в горные выработки шахты с наиболее опасными местами, где разделяющий слой глинистых пород в непосредственной кровле пласта размыт.

Наивысшие напоры в надугольном водоносном горизонте тяготеют к взбросу – 17, а наименьшие напоры – к участку распространения горелых пород, а также к флангам, где происходит интенсивная

разгрузка, на западе – в горные выработки шахты 6/18, на востоке – в выработки участка «Восточный» и разрез «Кызыл-Булак».

Второй водоносный слой приурочен к конгломератам цикла Сулюктинской свиты, залегающей под пластом угля. Мощность водоносного горизонта – 20–50 м, отделен от пласта угля глинистыми породами мощностью 10–40 м, местами размытыми. Опробован в скважине № 181, непосредственно на участке 8/11 и в скважинах № 21, № 62бис, на «Северной площади» по имеющимся данным средний коэффициент фильтрации пород – 0,01 м/сут.

Первый водоносный слой приурочен к конгломератам и песчаникам Сулюктинской свиты, мощность слоя 20–30 м. Коэффициент фильтрации пород – 0,002 м/сут.

Подземные воды палеозоя приурочены к известнякам и сланцам, циркулируют по трещинам и зонам тектонических нарушений, т. е. воды трещинные и трещинно-жильные, питание за счет атмосферных осадков и областей дальнего питания (Туркестанский хребет, южнее Сулюктинского месторождения).

В пределах месторождения палеозойские породы залегают на глубине 400–1000 м, в пределах участка 8/11 – 400–600 м. Разгрузка водоносного горизонта происходит в виде родников нисходящего типа с дебитом до 0,1 л/сек. По скважине № 157 коэффициент фильтрации составил 0,002 м/сут.

Палеозойские образования благодаря низким фильтрационным свойствам и наличию глинистых разностей мощностью 15–50 м от угля до кровли собственно палеозоя, практически не является источником водопритоков в горные выработки шахты.

Обобщение и анализ гидрогеологических условий месторождения, апробация результатов исследований ряда авторов [7–26] показывает возможность создания цифрового гидродинамического моделирования естественных гидрогеологических условий и визуализации массива месторождения. Анализируя предварительную опытную цифровую модель других факторов (физико-механические свойства горных пород и массива, влияние ранее пройденных и погашенных подземных горных выработок, рельеф месторождения, тектоника и др.), влияющих на напряженно-деформированное состояние массива горных пород, можно заключить, что гидродинамическая модель месторождения, созданная на ранних стадиях проектирования доработки запасов пластов отработкой предохранительных целиков на старых шахтах и нового участка поле шахты № 11, снижает геологическую, геотехнологическую, экономическую и экологическую неопределенность проекта, минимизирует риски возникновения критических значений деформации от подработки и надработки, увеличивает безопасность горных работ.

Процесс обработки и построения модели начинается с переноса полученных данных обследований и лабораторных испытаний на компьютер. Полученные результаты могут быть рассмотрены в четырех разных режимах: 3D-модель, 2D-модель [7–26].

Предложенная цифровая трехмерная модель описывает все факторы, влияющие на процесс сдвижения горных пород: физико-механические свойства горных пород; геологические и гидрогеологические условия залегания месторождения; наличие тектонических нарушений и трещин и их влияние на напряженно-деформированное состояние углепородного массива; угол падения пород и угля; мощность пластов; глубина разработки; система разработки; скорость подвигания горных работ; нарушенность пород ранее проведенными горными работами; рельеф земной поверхности; размеры очистной выработки. Все указанные выше факторы, в какой-то мере влияя на развитие процесса сдвижения горных пород и образование мульды сдвижения, одновременно влияют на земную поверхность и на объекты, находящиеся на ней, попавшие в зону сдвижения [7–26].

Выводы. Анализ и обобщение практики ведения горных работ по добыче угля на шахтах Сулюктинского бурогольного месторождения показывает, что пройденные выработки в период первой половины прошлого столетия сегодня недоступны, полностью разрушены из-за обрушения кровли и пучения почвы горных выработок, либо затоплены.

При разработке Сулюктинского месторождения под влиянием образующихся в горном массиве пустот, осушения пород от подземных грунтовых вод, а также изменения физико-механических свойств массива горных пород под влиянием подземных вод, происходит изменение напряженного состояния горных массивов, нарушение равновесия, перемещение и деформирование вмещающих уголь пород и изменение гидрогеологических условий, то есть происходит сдвигание горных пород.

Таким образом, образование в кровле подземных выработок куполов значительных размеров и пучения почвы горных выработок приводят к перераспределению природных напряжений в массивах вокруг пройденных выработок, тем самым изменяя природное напряженно-деформированное состояние породного массива месторождения, что вызывает сдвигание вышележащих горных пород в сторону выработанного пространства и деформацию земной поверхности в виде провалов и оползней. Поэтому разработка научно обоснованной цифровой гидродинамической модели Сулюктинского бурого угольного месторождения для решения задач антропогенного воздействия угольных предприятий на земельные ресурсы в части нарушенных горными работами земель от потери устойчивости массива горных пород под влиянием режима подземных вод и приведение их в безопасное экологическое состояние является актуальной научно-технической задачей.

Благодарность. Авторы работы выражают благодарность Министерству образования и науки Кыргызской Республики за поддержку и оказанную финансовую помощь в проведении научно-исследовательской работы.

Поступила: 07.07.23; рецензирована: 21.07.23; принята: 26.07.23.

Литература

1. Промежуточный отчет НИР «Научно-техническая оценка нарушенных горными работами земель и создание цифровых карт (на примере Сулюктинского бурого угольного месторождения)». Бишкек, 2021. 61 с.
2. Промежуточный отчет НИР «Научно-техническая оценка нарушенных горными работами земель и создание цифровых карт (на примере Сулюктинского бурого угольного месторождения)». Бишкек, 2022. 73 с.
3. Стратегия устойчивого развития промышленности Кыргызской Республики на 2019–2023 годы. Утверждена постановлением Правительства Кыргызской Республики от 27 сентября 2019 года № 502.
4. Отчет о результатах разведочных работ, проведенных в 1955–1960 гг. на северной площади Сулюктинского бурого угольного месторождения, с пересчетом запасов на участках № 8 и № 11 и резервном поле шахты 6/18 по состоянию на 01.01.1962 г. Ош, 1962.
5. *Мамбетов Ш.А.* Горные работы в условиях Тянь-Шаня: монография / Ш.А. Мамбетов, А.Р. Абдиев, А.Ш. Мамбетов. Бишкек: Изд-во КРСУ, 2013. 282 с.
6. *Мамбетов Ш.А.* Геомеханическое состояние породного массива Тянь-Шаня: монография / Ш.А. Мамбетов, А.Р. Абдиев. Бишкек: Изд-во КРСУ, 2019. 208 с.
7. *Абдиев А.Р.* Оценка геомеханического состояния горных структур Тянь-Шаня для рационального ведения горных и горно-строительных работ: / А.Р. Абдиев, Р.Ш. Мамбетова, Ш.А. Мамбетов // Горный журнал. М., 2017. № 4. С. 23–28.
8. *Абдибаитов Ш.А.* Влияние физико-механических свойств и структурных нарушений пород на процесс образования провалов земной поверхности / Ш.А. Абдибаитов, Б.А. Исаев, А.Р. Абдиев // Вестник КРСУ. 2017. Т. 17. № 8. С. 140–143.
9. *Абдиев А.Р.* Studying a correlation between characteristics of rock and their conditions / А.Р. Абдиев, Р.Ш. Мамбетова, А.А. Абдиев, Ш.А. Абдиев // Mining of Mineral Deposits. 2020. 14(3). С. 87–100. URL: <https://doi.org/10.33271/mining14.03.087>.
10. *Абдиев А.Р.* Development of methods assessing the mine workings stability / А.Р. Абдиев, Р.Ш. Мамбетова, А.А. Абдиев, Ш.А. Абдиев // E3S Web of Conferences 201, 01040 (2020) Ukrainian School of Mining Engineering – 2020. URL: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202020101040>.
11. *Shustov O.* Substantiation into Parameters of Carbon Fuel Production Technology from Brown Coal / O. Shustov, A. Pavlychenko, A. Bondarenko, O. Bielov, O. Borysovska, A. Abdiev // Materials Science Forum, (1045), 2021. С. 90–101. URL: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.1045.90>.

12. *Matayev A.* Research into technology of fastening the mine workings in the conditions of unstable masses / A. Matayev, A. Abdiev, A. Kydrashov, A. Musin, N. Khvatina, D. Kaumetova // *Mining of Mineral Deposits*, 15(3), 2021. С. 78–86. URL: <https://doi.org/10.33271/mining15.03.078>.
13. *Мамбетов Ш.А.* Основы геомеханики: учебник / Ш.А. Мамбетов, А.Р. Абдиев, Р.Ш. Мамбетова. Бишкек: Изд-во КРСУ, 2020. 345 с.
14. *Абдиев А.Р.* Геомеханическое обеспечение горных работ в условиях месторождения Кара-Кече: моногр. / А.Р. Абдиев. Бишкек: Изд-во КРСУ, 2014. 147 с.
15. *Абдиев А.Р.* Структурно-механические особенности породного массива Тянь-Шаня и вопросы прогнозирования состояния породного массива месторождений / А.Р. Абдиев, Ш.А. Мамбетов, К.Д. Изабаев // *Вестник КРСУ*. 2015. Т. 15. № 9. С. 191–197.
16. *Мамбетов Ш.А.* Прогнозирование напряженно-деформированного состояния породного массива месторождений Тянь-Шаня / Ш.А. Мамбетов, А.Р. Абдиев, А.Ш. Мамбетов // *Вестник КРСУ*. 2007. Т. 7. № 1. С. 5–10.
17. *Абдиев А.Р.* Геодезия: учеб. пособие / А.Р. Абдиев. Бишкек: Изд-во КРСУ, 2017. 232 с.
18. *Абдиев А.Р.* Оценка напряженно-деформированного состояния породного массива бурогоугольного месторождения Кара-Кече / А. Р. Абдиев // *Горн. журнал*. 2002. № 10. С. 70–72.
19. *Мамбетов Ш.А.* Проблемы освоения недр Кыргызстана / Ш.А. Мамбетов, А.Р. Абдиев, А.А. Орусбаев // *Вестник КРСУ*. 2007. Т. 7. № 1. С. 103–105.
20. *Мамбетов Ш.А.* Зональная и поэтапная оценка напряженно-деформированного состояния породного массива Тянь-Шаня / Ш.А. Мамбетов, А.Р. Абдиев, А.Ш. Мамбетов // *Горн. журнал*. 2002. № 10. С. 57–62.
21. *Мамбетов Ш.А.* Геомеханическое состояние породных массивов высокогорных месторождений / Ш.А. Мамбетов, А.Р. Абдиев // *Вестник КРСУ*. 2017. Т. 17. № 5. С. 205–207.
22. Актуальные вопросы контроля состояния породного массива вокруг горной выработки / А.Р. Абдиев, Р.Ш. Мамбетова, А.А. Абдиев, Ш.А. Абдиев // *Недропользование XXI век. М.*, 2020. № 2а. С. 82–91.
23. Analysis of the regularities of basalt open-pit fissility for energy efficiency of ore preparation / Y. Malanchuk, V. Moshynskiy, A.R. Abdiev [et al.] // *Mining of Mineral Deposits*. 2022. Vol. 16(1). Pp. 68–76. Режим доступа: <https://doi.org/10.33271/mining16.01.068>. – Загл. с экрана.
24. Развитие методов оценки геомеханического состояния породного массива вокруг горных выработок / А.Р. Абдиев, Р.Ш. Мамбетова, А.А. Абдиев [и др.] // *Научные исследования в Кыргызской Республике*. – Режим доступа: <http://journal.vak.kg/category/god-2020/2-kvartal-god-2020/>. – Загл. с экрана.
25. Контроль геомеханического состояния породного массива вблизи обнажений / А.Р. Абдиев, Р.Ш. Мамбетова, А.А. Абдиев [и др.] // *Недропользование XXI век. М.*, 2020. № 4(87). С. 38–45.
26. *Khussan B.* Substantiation and development of innovative container technology for rock mass lifting from deep open pits / B. Khussan, A. Abdiev, M. Bitimbayev, S. Kuzmin, S. Issagulov, & A. Matayev // *Mining of Mineral Deposits*. 2022. Vol. 16(4). Pp. 87–95. URL: <https://doi.org/10.33271/mining16.04.087>.