

^{1,*}Гомаль И. И., ²Гулейчук Н. И.

¹Донецкий национальный технический университет,

²Донецкий государственный институт проектирования шахт (Донгипрошахт)

*E-mail: ivan.gomal.77@mail.ru

ВЛИЯНИЕ ШАХТНЫХ ВОД НА ГИДРОГРАФИЧЕСКУЮ СФЕРУ ПРИ МАССОВОЙ АВАРИЙНОЙ ЛИКВИДАЦИИ ШАХТ В ДНР

Работа посвящена установлению характера и закономерности изменения химических свойств воды при аварийном затоплении шахт. Установлена взаимосвязь между добычей угля, откачкой шахтных вод и экологическими последствиями для водных экосистем. Определено изменение путей и характера загрязнения водных объектов шахтными водами при неплановой ликвидации шахт. Обоснована необходимость проведения постоянного мониторинга длительного влияния затопленных горных выработок на геологическую среду, гидросферу и воду в приповерхностной зоне земной коры.

Ключевые слова: массовое затопление шахт, гидроэкосистема региона, химический состав шахтных вод, характер загрязнения гидросферы.

Финансирование: средства Республиканского бюджета Донецкой Народной Республики на выполнение научно-исследовательской работы по ведомственному заказу «Анализ источников шахтных вод в Донецкой Народной Республике и разработка предложений по их рациональному использованию».

Проблема и её связь с научными и практическими задачами. В «Стратегии устойчивого развития Приазовья до 2040 года» предусмотрено оздоровление бассейнов рек, впадающих в Азовское море. Планируется выполнение мероприятий по минимизации негативного воздействия шахтных вод на региональную экологическую систему, включая строительство, реконструкцию и модернизацию водоотливных комплексов и очистных сооружений шахтных вод.

Одним из основных загрязнителей поверхностных водных объектов является угольная промышленность [1–6]. Водообеспеченность ДНР очень низкая, на ее территории находятся 4 средние реки, 850 малых рек и ручей и 840 прудов и водохранилищ [7]. В связи с засушливым летом и интенсивным отбором воды уровень воды во многих из них снизился до критической отметки. Горные отводы шахт занимают значительную площадь водосборных бассейнов рек Кальмиус, Миус и Северский Донец в ДНР.

В настоящее время в ДНР происходит как плановая, так и аварийная ликвидация шахт,

но при остановке деятельности шахт по добыче угля откачка шахтной воды не прекращается. В связи с массовой ликвидацией шахт в угольной промышленности ДНР произошла реорганизация. Ликвидируемые шахты переведены в ГУП ДНР «ГУРШ» (Государственное унитарное предприятие ДНР «Главное управление реструктуризации шахт»), водоотливные шахты преобразованы в СП ВОК ЛШ (структурное подразделение «Водоотливной комплекс ликвидируемой шахты»). И это не просто изменение названия и проведение организационных мероприятий, а существенное изменение техники и технологических схем откачки шахтной воды, которые вызваны коренным изменением задач, выполняемых данными подразделениями.

На основе гидрогеологических прогнозов были определены базовые шахты, где целесообразно построить групповые водоотливные комплексы с погружными насосами. Например, в СП «ВОК ЛШ им. М. Горького» перетекает вода из 4 шахт — «Центрально-Заводской», им. М. Горького, № 11, № 17–17 бис «Кировская».

За последнее десятилетие в ДНР кардинально изменилась система сброса шахтных вод в гидрографическую сеть, что связано с массовой ликвидацией шахт. Если ранее каждая шахта имела свою точку сброса, пруды отстойники и систему обеззараживания, то сейчас большинство водоотливов групповые, особенно при применении погружных насосов. Вода перетекает из нескольких шахт в одну водоотливную. Это приводит к изменению гидрологической картины и химических свойств откачиваемой воды и, как правило, не всегда в положительную сторону. Происходит дополнительное насыщение воды вредными химическими элементами.

Вместе с тем такая ситуация имеет и положительные стороны. Сосредоточение в одном месте стока из нескольких шахт позволяет построить более современные производственные комплексы, обеспечивающие более качественную очистку шахтных вод и уменьшение экологического ущерба.

Изучением и предотвращением загрязнения водных экосистем шахтными водами занимались многие исследователи [1, 4, 6, 8–12]. Однако данная проблема в основном рассматривалась при плановой ликвидации нерентабельных и отслуживших свой срок шахт, а сейчас в ДНР происходит массовая ликвидация шахт в аварийном режиме в условиях неопределенности. Экологические последствия данного процесса еще недостаточно изучены, и этому посвящена данная статья.

Постановка задачи. Шахтные воды в угледобывающих регионах оказывают существенное влияние на подземные и поверхностные воды и имеют тесную взаимную связь между собой. В сложившейся ситуации при массовой, аварийной, практически одновременной ликвидации многих шахт неясен характер изменения свойств шахтных вод и путей их поступления в поверхностные водные объекты, что является определяющим для предотвращения ухудшения гидрохимического состава водных ресурсов региона. Недо-

статочно изучено изменение свойств откачиваемых вод при обычной работе шахт и их работе в водоотливном режиме, а также в начальный период работы водоотливных комплексов после затопления шахт.

Объект исследования — откачиваемые шахтные воды действующих и ликвидированных угольных предприятий ДНР.

Предмет исследования — содержание вредных компонентов в шахтных водах и их влияние на гидроэкосистему региона.

В связи с этим **целью** настоящей работы является изучение свойств откачиваемых шахтных вод и предотвращение их негативного влияния на гидросферу региона при массовой аварийной ликвидации шахт.

Задачи исследования:

- установить взаимосвязь между добычей угля, откачкой шахтных вод и экологическими последствиями для поверхностных водных объектов при массовой ликвидации шахт;

- дать характеристику динамики изменения химического состава откачиваемых шахтных вод при работе шахт в обычном режиме и после их затопления и работе шахт в водоотливном режиме;

- охарактеризовать изменение химического состава откачиваемых шахтных вод в начальный период работы водоотливных комплексов после затопления шахт;

- разработать комплекс мероприятий, обеспечивающих минимальный экологический ущерб при затоплении шахт.

Методика. Разнообразие природных условий обусловило необходимость гидрогеологического районирования территорий, на которых осуществляется добыча угля в ДНР. В основу районирования положен ряд геолого-гидрогеологических факторов, главными из которых являются принадлежность площади района к определенной геологической структуре и наличие покровных отложений. Одновременно учитывались размеры геологических структур, углы падения и степень литификации угленосных отложений, характер и интенсивность тектонической нарушенности.

Для анализа гидрогеологических условий все действующие, закрытые, закрываемые и намечаемые к закрытию шахты ДНР, сбрасывающие шахтные воды в гидрографическую сеть, сгруппированы по географическому и гидрогеологическому признакам в 3 геолого-промышленных района (в Донецко-Макеевский входят 18 шахт, в Чистяково-Снежнянский — 12 и в Центральный — 6).

Из 7 водоотливных шахт Донецкой группы 5 сбрасывают воду в Кальмиус (объем — 2284 м³/ч). Из 11 водоотливных шахт Макеевской группы 3 непосредственно сбрасывают воду в Кальмиус (объем — 1773 м³/ч), 6 — в реку Грузская, приток Кальмиуса (объем — 2176 м³/ч), 2 — в реку Крынка, которая является притоком реки Миус, впадающей в Миусский лиман Таганрогского залива Азовского моря (объем — 502 м³/ч). Таким образом, из 18 водоотливных шахт Донецко-Макеевского района 16 сбрасывают воду в Азовское море, с суммарным объемом — 6735 м³/ч.

Суммарный объем откачиваемых шахтных вод по Чистяково-Снежнянскому району составляет 7077 м³/ч, из которых 2 шахты Снежнянской группы сбрасывают 3735 м³/ч, 5 шахт Торезской группы — 3342 м³/ч.

Шахты западной части центрального района осуществляют сброс воды в реки Бахмут, Железная, Кривой Торез, Лугань бассейна Северского Донца. Остальные шахты этого района — в реки Булавин, Садки, Ольховая, Крынка, являющиеся притоками реки Миус.

На подконтрольной территории ДНР находится 38 водоотливных шахт, которые ежегодно откачивают более 145 млн м³ шахтных вод, которые в основном сбрасываются в гидросферу. Таким образом, шахтные воды являются одновременно существенным источником пополнения водных объектов на поверхности и оказывают основное негативное влияние на водосборные бассейны рек ДНР, впадающих в Азовское море.

Изложение материала. Рассмотрим более подробно Донецко-Макеевский район, в который входит Донецкая группа (7 шахт) и Макеевская группа (11 шахт). В таблице 1 приведены основные показатели химического состава шахтных вод Донецкой группы. Предельно допустимая концентрация (ПДК) и класс опасности вредных веществ взяты из нормативного документа [13].

Как видно из таблицы 1, практически все вредные компоненты, содержащиеся в шахтной воде, относятся ко второму классу опасности (высокоопасные вещества) и третьему (умеренно опасные вещества) [13]. Содержание взвешенных веществ, сухого остатка, натрия, магния, марганца, хлоридов, сульфатов, нитратов, жесткость общая превышают ПДК на всех шахтах группы. Это представляет существенную опасность для гидросферы региона.

Загрязнение поверхностных водоемов шахтными водами происходит несколькими путями. При традиционном контролируемом сбросе вода из шахтного водоотлива поступает в пруды-отстойники, где происходит ее осветление и очистка от взвешенных частиц, затем она поступает в хлораторную, где обеззараживается.

При плановом «мокром» способе ликвидации шахт осуществляется затопление шахты и повышение устоявшегося при использовании шахтных водоотливов уровня подземных вод. Он доводится до гидростатического уровня или до уровня безопасного для земной поверхности и экологии. Этот процесс контролируем, есть возможность следить за уровнем подземных вод и держать его на безопасном уровне.

При принятой в настоящее время стратегии ликвидации шахт водоотлив осуществляется в основном погружными насосами на базовой водоотливной шахте. При этом происходит перетекание шахтных вод из группы близлежащих гидравлически связанных между собой шахт, в результате чего происходит смешивание вод, и они резко изменяют свои свойства.

Таблица 1

Показатели химического состава шахтных вод Донецкой группы*

Наименование предприятия	СП «ВОК ЛПШ им. А. А. Скочинского»	СП «ВОК ЛПШ «Лидиевка»	СП «ВОК ЛПШ им. М. Горького»	СП «ВОК ЛПШ «Запореваляная № 2»	СП «ВОК ЛПШ № 9 «Капитальная»	СП «ВОК ЛПШ им. М. И. Калинина»	СП «ВОК ЛПШ им. А. Ф. Засядько»	Предельно допустимая концентрация	Класс опасности	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Приток шахтных вод, м ³ /ч	275	196	640	413	550	143	596	-	-	
Содержание взвешенных веществ, мг/дм ³	36	10	62	70	105	51	94	4,25	-	
Сухой остаток, мг/дм ³	3420	3060	2238	298	4498	2556	2748	1000	-	
Химический состав шахтных вод	Калий, мг/дм ³	7,7	8,7	5	5,0	5,4	0,555	17	30	2
	Натрий, мг/дм ³	672	548	672	360	640	1429	3750	200	2
	Кальций, мг/дм ³	198,7	184	80	141,0	176,5	105	990	130	н/о
	Магний, мг/дм ³	146,1	14,7	77	80,8	147,3	17	86	50	3
	Железо общее, мг/дм ³	0,94	0,15	0,3	0,26	2,9	0,13	0,16	0,3	3
	Марганец, мг/дм ³	0,67	-	-	-	0,348	-	-	0,1	3
	Хлориды, мг/дм ³	650	390	328	364	396	425	334	350	4
	Сульфаты, мг/дм ³	1237	1395	743	1032	1970	831	1085	500	4
	Азот аммонийный, мг/дм ³	0,14	н/о	0,91	0,76	1,2	н/о	0,07	0,39	3
	Нитриты, мг/дм ³	0,03	<0,03	0,23	0,11	0,37	0,03	<0,03	3,0	2
	Нитраты, мг/дм ³	5,4	9,4	0,9	1,2	1,6	1,5	2,4	45	3
	Жесткость общая, мг экв/дм ³	10,1	20,83	7,8	13,7	20,9	10,5	12,0	7	-
Щелочность общая, мг экв/дм ³	6,6	6,91	13	4,8	9,48	8,5	9,6	-	-	
рН	8	7,9	8	8	7,95	8,2	7,2	6-9	-	

*Данные санитарно-профилактической лаборатории ОП «Управление по тушению, профилактике терриконов и рекультивации земель» ГП «Макеевуголь».

В настоящее время в связи с военными действиями происходит неконтролируемое аварийное затопление шахт, что является наиболее опасным, так как происходит в абсолютно непредсказуемой ситуации. Надшахтные здания на многих шахтах разрушены, что затрудняет доступ к шахтным стволам, которые в свою очередь завалены обломками от зданий, в них могут находиться застрявшие подъемные сосуды, оборванные канаты. Это не позволяет производить замеры реального уровня подземных вод, не говоря о размещении в аварийных стволах погружных насосов.

При единичном, даже аварийном затоплении шахты можно косвенно прогнозировать уровень ее подземных вод по уровню воды в соседних шахтах. А когда происходит массовое, практически единовременное аварийное затопление рядом расположенных шахт, что наблюдается во многих районах ДНР, это намного осложняет и усугубляет ситуацию. Уровень подземных вод повышается и при отсутствии водоотлива: неочищенная вода начинает поступать из горного массива снизу в поверхностные водоемы, ухудшая при этом качество воды в них.

Самым опасным способом попадания шахтной воды в водоемы является самоизлив воды. Так как рельеф Донбасса в основном овражно-балочный, вода при выходе на поверхность попадает по балкам напрямую в водоемы, минуя пруды-отстойники и хлораторные.

Взаимосвязь между добычей угля, откачкой шахтных вод и экологическими последствиями для водных объектов на поверхности носит знакопеременный характер во времени и в зависимости от технологических решений по водоотливу, оказывая как положительное, так и в основном отрицательное воздействие на гидросферу.

Вначале добыча угля осуществлялась не глубокими шахтами, у которых была устойчивая связь с поверхностными и подземными водами, залегающими на небольшой глубине. Эти воды пошли по линии наименьшего сопротивления и начали перетекать в образовавшиеся пустоты после выемки угля. В результате этого отмечалось исчезновение воды во многих родниках и уменьшение водотока в небольших реках.

При дальнейшем развитии угледобычи откачивалось все возрастающее количество недостаточно очищенной воды, которая сбрасывалась в гидрографическую сеть, увеличивая водоток в реках, но при этом и загрязняя их.

При закрытии шахт возможны разные варианты. При сохранении подземного водоотлива количество откачиваемой им воды со временем уменьшалось в связи с прекращением ведения очистных и подготовительных работ. При этом требуется проверка производительности водоотлива шахт с учетом планового или стихийного перетока воды из соседних шахт. Качество воды в начальный период ухудшается, затем идет стабилизация с тенденцией на улучшение. Но для осуществления этого способа требуются огромные финансовые и людские ресурсы, и его целесообразно применять, когда планируется в дальнейшем восстановление работы шахты.

Более перспективной является «мокрая» консервация с применением погружных

насосов, которая в настоящее время повсеместно применяется (в ДНР 18 ВОК) и планируется ее дальнейшее развитие. В первоначальный период вода не откачивается и происходит плановое затопление шахт. В это время вода не поступает на поверхность, не пополняет поверхностные водоемы, но и не загрязняет их.

Происходит заполнение выработанного пространства и естественных пустот в горном массиве, объем которых зависит от технических характеристик шахты (количества отработанных пластов, их мощности, размеров шахтного поля) и характеристик горного массива [3]. В среднем время достижения гидростатического уровня или выхода воды на поверхность составляет по разным источникам от 2 до 12 лет [1, 3].

Период после затопления шахты и начало откачки воды — самый опасный для экологической безопасности бассейна Азовского моря, так как значительно ухудшается качество откачиваемой воды: увеличивается минерализация, содержание железа, марганца, сульфатов и других вредных веществ [4, 5, 11].

Например, в г. Енакиево при начале откачки воды СП «ВОК ЛШ «Булавинская», в который также перетекает вода из соседних закрытых шахт «Александровская» и «Углегорская», произошло резкое изменение содержания вредных компонентов в шахтной воде. По заказу ГБУ «Донгипрошахт» в ГУ «Институт физико-органической химии и углехимии им. Л. М. Литвиненко» 24.12.2019 выполнен анализ общего содержания веществ неорганической природы в образцах откачиваемой воды с использованием метода атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой (спектрометр IRIS Intrepid II XSP Duo (Thermo Electron Co, USA).

Из результатов анализа приведем вредные вещества, содержание которых (в мг/дм³) превышают нормативы ПДК [13]. Алюминий — 0,77 (ПДК = 0,5 — превышение в 1,54 раза), железо — 72 (ПДК = 0,3 — превышение в 240 раз), марганец — 5,4

(ПДК = 0,1 — превышение в 54 раза), натрий — 938 (ПДК = 200 — превышение в 4,69 раза), сера в пересчете на сульфаты — 621 (ПДК = 500 — превышение в 1,24 раза).

Наиболее существенным является превышение железа в 240 раз, это объясняется активизацией химических реакций, протекающих в горном массиве при затоплении шахты. Закисные соединения двухвалентного железа, находящиеся в шахтной воде, неустойчивые и при свободном доступе кислорода окисляются, придавая воде характерный бурый цвет [5]. При плановой ликвидации шахт по возможности извлекают оборудование, подвижной состав, трубы, рельсы, металлическую крепь выработок. При аварийном затоплении сотни тысяч тонн металлических изделий остаются в агрессивной шахтной среде, вступают в химические реакции, повышая содержание железа в шахтной воде.

Содержание марганца в откачиваемой воде даже во время функционирования шахты «Булавинская» в 2002 г. превышало ПДК в 6 раз [14], а в 2019 г. при затоплении шахты — в 54 раза. Данные о резком повышении уровня железа и марганца в шахтной воде при начале откачки воды из затопленных шахт подтверждаются многими исследователями [4, 5, 11, 15].

Сейчас в ДНР сложилась критическая ситуация, когда в результате военных действий из-за повреждения объектов и оборудования шахт, отключения электроэнергии произошло аварийное, массовое, практически единовременное прекращение работы многих шахт. Откачка воды была прекращена, затопление этих шахт носит непредсказуемый, неконтролируемый характер. Из-за повреждения стволов невозможно достоверно определить уровень затопления и куда происходит переток воды. С точки зрения экологической безопасности, это в данный момент имеет позитивный характер, так как шахтная вода не выдается на поверхность и не загрязняет водоемы. Но это отложенная экологическая проблема с трудно предсказуемыми тяжелыми последствиями.

В ближайшем будущем при достижении подземными водами планируемого уровня, если будет возможность разместить в разрушенных стволах погружные насосы и организовать водоотлив, накопленная вода, насыщенная вредными веществами, будет откачиваться на поверхность, загрязняя гидросферу. Если технически будет невозможно ввести в работу новые водоотливные комплексы, уровень воды будет повышаться, и под воздействием гидростатического давления она будет искать выход на поверхность через нарушенные зоны природного и техногенного происхождения.

При закрытии шахты «Крымская» (г. Енакиево) спустя год после расчетного срока заполнения выработанного пространства в пойме реки Ольховая произошел разрыв песчаника с вытеканием воды. Объем самоизливающихся вод составлял 40–50 м³/ч, при содержании железа 58–60 мг/дм³ [15]. Также при затоплении шахты «Холодная Балка» (г. Макеевка) местные жители отмечают появление в балках некачественной воды в родниках, которая пропала десятки лет назад при начале работы шахты.

Если раньше это были единичные случаи, то при аварийном массовом закрытии шахт с большой вероятностью следует ожидать в течение ближайших лет увеличения числа случаев самоизлива сильно загрязненной шахтной воды по балкам напрямую в гидрографическую сеть. Проблема заключается в том, что практически невозможно достоверно спрогнозировать, в каком месте и когда шахтная вода выйдет на поверхность при аварийном затоплении шахт. Эта ситуация самая неблагоприятная для экологической безопасности и ее нельзя допустить. Для предупреждения этого необходимо осуществлять постоянный мониторинг мест предполагаемого самоизлива шахтных вод и при выявлении его принимать меры по снижению уровня воды в близлежащих шахтах.

Для установления зависимости изменения химического состава откачиваемых шахтных вод выполнен их анализ при ра-

боте шахт в обычном режиме (2002 г.) и после их затопления и работе шахт в водоотливном режиме (2020–2022 гг.). Для объективности взяты наиболее типичные для ДНР СП «ВОК ЛШ им. М. Горького» (г. Донецк) (табл. 2) на пологом падении и СП «ВОК ЛШ им. Ленина» (г. Горловка) на крутом падении (табл. 3).

В таблицах 2, 3 использованы результаты определения химического состава шахтных вод, выполненные санитарно-профилактической лабораторией ОП «Управление по тушению, профилактике терриконов и рекультивации земель» ГП «Макеевуголь» в течение 2020–2022 гг., результаты за 2002 г. приведены по данным работы [14].

При работе шахты в обычном режиме в шахтной воде было больше сухого остатка, хлоридов (за исключением 2 кв. 2020 г.), сульфатов, марганца, меньше содержание взвешенных веществ, а при работе в водоотливном режиме больше взвешенных веществ в среднем в 3–10 раз.

Меньшее количество вредных веществ при работе в водоотливном режиме объясняется тем, что СП «ВОК ЛШ им. М. Горького» работает уже продолжительное время и пик максимального содержания вредных веществ в воде, который всегда наблюдается при начале откачки воды, уже прошел и идет его снижение и стабилизация. СП «ВОК ЛШ им. Ленина» с погружными насосами начал работать в 1 кв. 2020 г., увеличение объема откачиваемой воды почти в 2 раза объясняется перетоком воды из соседней затопливаемой шахты «Комсомолец».

При работе шахты в обычном режиме содержание хлоридов больше (за исключением 2 кв. 2020 г.). Существенное повышение содержания марганца в 25 раз в 1 кв. 2020 г. объясняется началом откачки накопленной загрязненной воды. В дальнейшем содержание марганца соответствовало и даже было меньше ПДК. Содержание взвешенных веществ и сухого остатка практически одинаково, как при работе шахты, так и при откачке воды, в отличие от пологого падения.

Таблица 2

Показатели химического состава шахтных вод СП «ВОК ЛШ им. М. Горького» (г. Донецк)

Период времени	Объем откачанной шахтной воды, тыс. м ³	Взвешенные вещества	Сухой остаток	Хлориды	Сульфаты	Азот аммония	Железо	БПК	Марганец	Фосфаты	ХПК
		ПДК вредных веществ в воде водных объектов*									
		15	1000	350	500	0,5	0,3	4,5	0,1	3,5	30
2002 г.	1550	5	2938	345	1033	-	-	-	0,98	-	-
1 кв. 2020 г.	1841	8	1477	248	489	0,7	0,2	3,0	-	1,0	-
2 кв. 2020 г.	1813	23	1748	694	301	0,3	0,1	3,7	-	1,0	10
3 кв. 2020 г.	1809	17	1667	230	467	0,1	0,1	3,9	-	0,1	15
4 кв. 2020 г.	1621	10	1399	89	734	0,2	0,1	3,2	-	0,1	14
1 кв. 2021 г.	1485	39	1957	266	733	0,3	0,7	3,5	0,1	0,1	13
2 кв. 2021 г.	1522	28	1856	106	642	0,1	0,3	2,9	0,1	0,1	18
3 кв. 2021 г.	1918	36	1367	230	698	0,1	0,6	3,3	-	0,2	19
4 кв. 2021 г.	2048	42	1971	230	726	н/о	0,3	3,6	-	0,2	18
1 кв. 2022 г.	2104	62	2032	248	723	н/о	0,1	3,4	н/о	0,2	22
2 кв. 2022 г.	2112	42	1985	204	709	0,1	0,3	3,4	0,0	0,1	20
3 кв. 2022 г.	1872	42	1985	204	709	0,1	0,3	3,4	0,0	0,1	20
4 кв. 2022 г.	1743	23	2142	266	743	0,4	0,1	3,5	н/о	0,0	25

*СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания».

Таблица 3

Показатели химического состава шахтных вод СП «ВОК ЛШ им. Ленина» (г. Горловка)

Период времени	Объем откачанной шахтной воды, тыс. м ³	Состав шахтных вод, мг/дм ³									
		Взвешенные вещества	Сухой остаток	Хлориды	Сульфаты	Азот аммония	Железо	БПК	Марганец	Фосфаты	ХПК
		ПДК вредных веществ в воде водных объектов*									
		15	1000	350	500	0,5	0,3	4,5	0,1	3,5	30
2002 г.	730	71	2670	599	1172	-	-	-	-	-	-
1 кв. 2020 г.	1219	25	1535	213	489	0,4	0,5	-	2,5	0,18	9
2 кв. 2020 г.	1521	39	2740	762	248	0,2	0,8	4,3	-	0,3	17
3 кв. 2020 г.	1526	21	2683	266	460	0,3	1,7	4,1	-	-	19
4 кв. 2020 г.	1537	32	2720	87	1842	0,2	1,7	-	-	0,05	3
1 кв. 2021 г.	1639	78	3505	177	1721	0,5	2,1	2,9	0,5	0,1	22
2 кв. 2021 г.	2213	59	3514	301	1637	1,5	0,2	3	0,46	0,05	21
3 кв. 2021 г.	2021	54	2374	177	1609	0,2	1,5	3,2	-	0,06	19
4 кв. 2021 г.	2113	74	3613	160	1546	0,4	1,6	3,8	-	0,24	21
1 кв. 2022 г.	2034	94	3202	248	1430	1,2	0,4	4,4	н/о	0,05	19
2 кв. 2022 г.	1489	57	3204	156	1516	1,9	0,3	3,9	0,1	0,1	20
3 кв. 2022 г.	1714	57	3204	156	1516	1,9	0,3	3,9	0,1	0,1	20
4 кв. 2022 г.	1679	58	3115	266	1434	1,6	1,6	3,6	0,06	0,08	19

*СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания».

Содержание взвешенных веществ, сухого остатка, сульфатов, железа, марганца превышает ПДК, как при работе шахты, так и при работе в водоотливном режиме.

Приведенные в таблицах 2, 3 данные показывают, что угол падения пластов существенно не влияет на общую картину изменения показателей химического состава шахтных вод. Не прослеживается также четкое влияние сезонных колебаний количества атмосферных осадков на объем откачиваемой воды и содержания в ней вредных веществ, в связи с тем, что рассматриваемые шахты вели горные работы на большой глубине (им. Горького — 870 м, им. Ленина — 1190 м).

Анализ таблиц 1–3 показывает, что нет четко прослеживаемой зависимости содержания вредных веществ в откачиваемой воде ни по Донецко-Макеевскому району в целом, ни по отдельно взятым шахтам. На данный момент невозможно достоверно установить характер и закономерности из-

менения химических свойств воды при массовом затоплении шахт. Этот процесс недостаточно изучен, является многофакторным, носит хаотичный характер, трудно поддающийся достоверному прогнозу. Поэтому необходимо организовать постоянный мониторинг длительного влияния затопленных горных выработок на геологическую среду. Для этого необходимо создание сети скважин для гидравлического наблюдения, что позволит определять величины гидравлических уклонов, скорости затопления, коэффициенты заполнения выработанного пространства, изменения химического состава подземных вод по мере поднятия уровня затопления.

Анализ результатов исследований позволил сделать следующие **выводы**:

1. Установлена взаимосвязь между добычей угля, откачкой шахтных вод и экологическими последствиями для водных экосистем, которая носит знакопеременный характер во времени и в зависимости

от технологических решений по шахтному водоотливу, оказывая как положительное, так и в основном отрицательное воздействие на гидросферу.

2. Определено изменение путей и характера загрязнения водных объектов шахтными водами при массовой аварийной ликвидации шахт.

3. Установлено, что угол падения пластов особо не влияет на общую картину изменения показателей химического состава шахтных вод. Не прослеживается также четкое влияние сезонных колебаний количества атмосферных осадков на объем откачиваемой воды и содержание в ней вредных веществ на глубоких шахтах.

4. Обоснована необходимость создания сети скважин для гидравлического наблюдения, прогнозирования и предупреждения негативных экологических последствий для поверхностных водных объектов, потому что в данный момент невозможно достоверно установить характер и закономерности изменения химических свойств воды при массовом аварийном затоплении шахт, этот процесс недостаточно изучен, является многофакторным, носит хаотич-

ный характер, трудно поддающийся достоверному прогнозу.

5. Исходя из анализа экологической и гидрогеологической обстановки в районах затопляемых шахт, с целью обеспечения минимального экологического ущерба для поверхностных водных объектов обоснована необходимость проведения постоянного мониторинга длительного влияния затопленных горных выработок на геологическую среду, гидросферу и воду в приповерхностной зоне земной коры.

6. Для полноценного решения экологических проблем, связанных с загрязнением поверхностных водоемов шахтными водами, необходима разработка региональных гидрогеологических прогнозов, которые позволят оптимизировать принимаемые решения.

В рамках дальнейшего развития исследований проблемы, рассмотренной в данной статье, планируется создание на картографической основе единой информационной базы данных, объединяющей данные об источниках, объемах, физико-химических составах и местах сброса откачиваемых шахтных вод для снижения экологического ущерба гидрографической среде.

Список источников

1. Дрозд Г. Я. Шахтные воды как фактор риска техногенной катастрофы для Донбасса // Сборник научных трудов ДонГТУ. 2019. № 13 (56). С. 57–761. EDN RIIIIE
2. Гавришин А. И. Состояние окружающей среды в районе угольных шахт Восточного Донбасса // Горный журнал. 2018. № 1. С. 92–96. DOI: 10.17580/gzh.2018.01.17 EDN YQGVXY
3. Доценко О. Г., Корецкая Е. Г. О проблеме водных ресурсов Донбасса и ее связи с угольной промышленностью региона // Экологический вестник Донбасса. 2024. № 3 (13). С. 22–25. EDN QTIZVL
4. Оценка воздействия процессов ликвидации угольных шахт на экологическую ситуацию в российском Донбассе / М. Д. Молев, С. А. Масленников, И. А. Занина, А. Г. Илиев // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2018. Т. 329. № 7. С. 148–156. EDN VXWZWN
5. Однорядцева Д. С. Состав шахтных вод и их влияние на гидросферу // Система управления экологической безопасностью: сб. тр. XV междунар. науч.-практ. конф. (Екатеринбург, 20–21 мая 2021 г.) Екатеринбург : УрФУ, 2021. С. 155–158. URL: https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/97881/1/sueb_2021_026.pdf (дата обращения : 01.01.2025).
6. Головатенко Е. Л. Оценка состояния водных ресурсов на территории Донецкого региона // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. 2023. № 5(163). С. 118–125. EDN QEFPGS
7. О водных ресурсах Донецкой Народной Республики [Электронный ресурс] // Госкомэкополитики при главе ДНР : [сайт]. [2025]. URL: <https://gkecopoldnr.ru/o-vodnyh-resursah-doneczkoj-narodnoj-respubliki> (дата обращения 01.01.2025).

8. Формирование шахтных вод и анализ способов их очистки / А. А. Куликова Ю. А. Сергеева, Т. И. Овчинникова, Е. И. Хабарова // Горный информационно-аналитический бюллетень. М. : Горная книга, 2020. С. 135–145. EDN VNDTXW

9. Сравнительная оценка качества поверхностных и подземных вод Восточного Донбасса по гидрохимическим показателям / В. Е. Закруткин, Е. В. Гибков, Г. Ю. Складенко, О. С. Решетняк // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Естественные науки. 2016. № 2 (190). С. 91–100. DOI 10.18522/0321-3005-2016-2-91-99 EDN WBXETP

10. Баев О. А., Ладыш И. А. Динамика гидрохимических показателей качества воды рек Северский Донец и Лугань // Экологический вестник Донбасса. 2024. № 3 (13). С. 3–11. EDN WUFBNC

11. Гавришин А. И., Борисова В. Е., Торопова Е. С. Современные особенности формирования химического состава шахтных вод в восточном Донбассе // Успехи современного естествознания. 2017. № 7. С. 59–63. EDN ZBMWPJ

12. Макеева Д. А., Козырь Д. А., Гутовская О. А. Экологический мониторинг состояния водных ресурсов и маловодья реки Кальмиус // Вести Автомобильно-дорожного института. 2021. № 3 (38). С. 25–23. EDN MHRYJX

13. СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания. URL: <https://docs.cntd.ru/document/573500115> (дата обращения: 01.01.2025).

14. Программа мер по разработке и внедрению на угледобывающих предприятиях эффективных технологий и технических средств деминерализации шахтных вод : отчет о НИР (аналитическая часть) : 210-1 ПЗ / Донгипрошахт ; рук. Э. Л. Кауфман ; исполн. : С. А. Синявский [и др.]. Донецк, 2002. 86 с. Инв. № 106508.

15. Результаты мониторинга химического состава шахтных вод после затопления шахты «Крымская» / П. Г. Артеменко, О. И. Краскова, А. Б. Ягмур, Н. А. Дроздова // Труды РАНИМИ. № 23 (38). 2023. С. 202–210. DOI: 10.24412/1996-885X-2023-2338-201-210. EDN GGTPAG

© Гомаль И. И., Гулейчук Н. И., 2026

**Рекомендована к печати к.гос.упр., доц., зав. каф. «Природоохранная деятельность»
ДонНТУ Шафоростовой М. Н.,
к.т.н., научным руководителем МНИЛ ГПХ ДонГТУ Долгих В. П.**

Статья поступила в редакцию 10.01.2026.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Гомаль Иван Иванович, канд. техн. наук, доцент каф. разработки месторождений полезных ископаемых

Донецкий национальный технический университет,
г. Донецк, Россия, e-mail: ivan.gomal.77@mail.ru

Гулейчук Наталья Ивановна, главный инженер отдела строительного проектирования и инженерных изысканий

Донецкий государственный институт проектирования шахт (Донгипрошахт),
г. Донецк, Россия

Gomal I. I. (Donetsk National Technical University, Donetsk, Russia, e-mail: ivan.gomal.77@mail.ru),
Guleichuk N. I. (Donetsk State Institute of Mine Design (Dongiproshaht), Donetsk, Russia)

IMPACT OF MINE WATERS ON THE HYDROGRAPHIC SPHERE DURING MASS EMERGENCY LIQUIDATION OF MINES IN THE DPR

The article is concerned with identifying the nature and patterns of changes in the chemical properties of water during emergency flooding of mines. An interrelation has been determined between

coal mining, pumping-out of mine waters and environmental impacts on aquatic ecosystems. Changes in the pathways and nature of pollution of water bodies by mine waters during unscheduled liquidation of mines have been identified. The need for continuous monitoring of the long-term impact of flooded mine workings on the geological environment, hydrosphere and water in the near-surface zone of the earth's crust is substantiated.

Key words: *mass flooding of mines, hydroecosystem of regions, chemical composition of mine waters, nature of hydrosphere pollution.*

Funding: *funds from the Republican budget of the Donetsk People's Republic for the implementation of research work on the departmental order "Analysis of mine water sources in the Donetsk People's Republic and the development of proposals for their rational use".*

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Gomal Ivan Ivanovich, *PhD in Engineering, Associate Professor of the Department of Mineral Deposits Development
Donetsk National Technical University,
Donetsk, Russia, e-mail: ivan.gomal.77@mail.ru*

Guleichuk Natalia Ivanovna, *Chief Engineering of the Department Civil Engineering and Engineering Survey
Donetsk State Institute of Mine Design (Dongiproshaht)
Donetsk, Russia*