

УДК 622.5:614.7:581.14

ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИХ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СТОЧНЫХ ВОД ШАХТЫ «ЮЖНОДОНБАССКАЯ № 3» И ИХ ВЛИЯНИЕ НА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ КУЛЬТУРЫ РАСТЕНИЙ

Слепых А. А.

Донецкий национальный университет, Донецк, alejandro-night@mail.ru

В связи с тем, что восточный регион Украины испытывает дефицит водных ресурсов как для питьевых, так и для технических нужд, был исследован потенциальный альтернативный источник водоснабжения – шахтные воды. Объектом исследований служила шахта «Южнодонбасская № 3». В статье приведен комплексный анализ микробиологических и физико-химических показателей шахтных сточных вод. С целью возможного использования в агропромышленном комплексе шахтная вода была протестирована на сельскохозяйственных культурах растений. Доказано ингибирующее воздействие данной воды на растительные культуры.

Ключевые слова: водные ресурсы, дефицит, альтернативные источники, шахтные сточные воды, шахта «Южнодонбасская № 3», микробиологический и физико-химический анализ, ингибирующее воздействие.

ВВЕДЕНИЕ

Одной из центральных экологических проблем в мировом масштабе является количественное истощение и качественное изменение пресных природных вод, что порождает их дефицит и способствует повышению заболеваемости населения. Согласно прогнозу ООН, в ближайшее десятилетие на Земле не останется неиспользованных доступных запасов пресных вод.

В Украине проблема хозяйственно-питьевого водоснабжения и охраны поверхностных и подземных вод от загрязнения сточными водами давно стала проблемой государственной важности. Ее актуальность подчеркивается принятием Верховной Радой Закона Украины «О питьевой воде и питьевом водоснабжении».

В последнее время очень остро стоит проблема загрязнения вод в промышленном регионе – Донбассе, так как горные предприятия систематически загрязняют подземные воды шахтными стоками. Имея разные показатели химического состава и агрессивные свойства, шахтные воды, поступая в поверхностные водотоки и водоемы, вызывают в них изменения солевого режима, обуславливая нежелательные экологические нарушения в гидросфере, ухудшают среду обитания животных и растений. Поэтому проблема оценки влияния предприятий угольной отрасли на обеспечение водными ресурсами крупных промышленных городов является очень актуальной.

Опасный уровень загрязнения водных источников региона связан с большими объемами сточных вод. Ежегодно объемы сточных вод в Донецкой области

составляют около 2 млрд. куб. м, причем на угольную промышленность приходится более 50% всех стоков. Шахтные воды отличаются высоким содержанием взвешенных веществ (до 0,1 г/л), повышенной минерализацией (содержание солей до 3 г/л приходится на 70% всех шахт, от 3 до 7 г/л на 26% всех шахт), из-за чего в водоемы и реки ежегодно сбрасывается более 3 млн. т минеральных солей и веществ. Это привело к повышению в ряде случаев минерализации поверхностных водных источников в Донецкой области до 2–2,9 г/л, увеличению содержания в водоемах тяжелых металлов и заиливанию водных объектов.

Особенно острой проблема загрязнения водных источников угольными предприятиями становится в связи с закрытием нерентабельных шахт. При закрытии шахт их водопотоки перераспределяются чаще всего на работающие шахты.

Основными критериями пригодности шахтных вод для хозяйственно-питьевого водоснабжения являются нормируемые нормативными документами [1–3] показатели: минерализация (сухой остаток), жесткость (общая), содержание сульфатов, хлоридов, загрязняющих веществ (химических, органических), рН, санитарно-эпидемиологическое состояние. Важным условием также являются возможность организации зон санитарной охраны водных объектов шахт, использование технологии очищения, обеззараживания, водоподготовки шахтных вод и аппаратного обеспечения в соответствии со СНиП 2.04.02.

Оценка перспективности использования шахтных вод для водоснабжения, и в первую очередь для хозяйственно-питьевых целей, осуществляется на основе технико-экономического обоснования различных вариантов очищения и кондиционирования шахтных вод, а также в сравнении с другими предполагаемыми источниками водоснабжения. Сбросные шахтные воды в ряде случаев одновременно могут представлять практический интерес возможного орошения, особенно это касается вод невысокой минерализации [4]. В этой связи должен решаться вопрос экономической целесообразности использования этих вод в тех или иных целях.

Учитывая недостаточную и неравноценную изученность шахтных вод по территории Донбасса, первоочередной задачей является целенаправленное доизучение откачиваемых шахтных вод в целом по бассейну с выделением угольных шахт, наиболее перспективных в качестве альтернативных источников водоснабжения и возможного орошения, с последующим проведением на них детальных исследований. При этом при изыскании резерва источников водоснабжения и орошения следует учитывать и шахтные воды, в больших объемах сосредоточенные в прудах-накопителях.

Цель работы – проведение микробиологического, физико-химического анализа и оценка возможного использования сточной воды шахты для полива сельскохозяйственных растений.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Объектом исследований служила шахтная сточная вода, пробы которой отбирались ежемесячно из шахтного пруда-отстойника, куда регулярно стекались сточные отработанные воды шахты «Южнодонецкая № 3». Пробы воды отбирали с сентября 2011 по сентябрь 2012 г. Посев проводили методом разведения в чашках

Петри на двух средах: для выявления общего микробного числа (ОМЧ) использовали фабричную среду «Общая для выделения бактерий» (рН 7,0), для выявления лактозоположительных палочек (ЛКП) – использовали среду Эндо. Культивирование микроорганизмов осуществляли в термостатах при температурах 27°C и 37°C соответственно.

Выросшие колонии микроорганизмов идентифицировали на четвертые сутки. Для идентификации выделяли чистые культуры бактерий и применяли сложный метод окрашивания по Граму.

Опыты проводили в пятикратной повторности. Полученные цифровые данные обрабатывали статистически. Использовали метод попарного сравнения средних по критерию Стьюдента.

Для определения физико-химических показателей шахтной воды использовались титриметрический, гравиметрический и йодометрический методы определения веществ.

Для исследования влияния сточной воды на сельскохозяйственные культуры осуществляли полив четырех видов растений (кукуруза, подсолнечник, горох, фасоль) такими разведениями: 100% отстойная шахтная вода, 50% отстойная шахтная вода и контроль (дистиллированная вода).

В каждом варианте опыта использовалось по десять проростков. Полив каждого вида растений осуществляли в течение трех недель, один раз в три дня. Предварительно семена замачивались в том разведении воды, которой осуществлялся полив. После проведения опытов снимались такие показатели: высота надземной и подземной частей растений, наличие зольных (методом сухого озоления) и органических веществ, высчитывался процент прорастания (всхожести) семян.

Опыты проводились на кафедре физиологии растений биологического факультета ДонНУ в период с 2010 по 2013 г.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Микробиологический анализ шахтной воды показал, что данный объект исследований отличается разнообразием качественного состава микрофлоры. Бактерии различались по морфологическим и культуральным признакам. Количество встречающихся колоний бактерий – 11. Стоит отметить, что наибольшее количество микроорганизмов (11 видов) встречалось в июле и августе, а наименьшее – в январе (2 вида). Выросшие колонии идентифицировали [5, 6] до рода (табл. 1). Среди них имеются условно патогенные роды (*Pseudomonas*, *Streptococcus*, *Providencia*) и роды, чье присутствие говорит о высоком содержании солей в сточной воде (*Halococcus*, *Haloferax*, *Halobacterium*).

Особое внимание уделялось сезонной динамике Общего микробного числа (ОМЧ) и лактозоположительным кишечным палочкам (ЛКП).

Общее микробное число отражает общий уровень содержания бактерий в воде, а не только тех из них, которые образуют колонии, видимые невооруженным глазом на питательных средах при определенных условиях культивирования. ОМЧ полезно при оценке эффективности процессов водоочистки, особенно коагуляции,

фильтрации и обеззараживания, при этом основная задача заключается в поддержании их количества в воде на возможно более низком уровне. ОМЧ может быть использовано также для оценки незагрязненности и целостности распределительной сети и пригодности воды для производства пищевых продуктов и напитков, где число микроорганизмов должно быть низким для сведения до минимума риска порчи. Возможные отклонения (особенно резкие) ОМЧ пагубно влияют и на использование воды для технических целей.

Таблица 1

Морфология колоний микроорганизмов

№	Культуральные признаки			Морфологические признаки	Род
	Цвет	Форма	Поверхность		
1	Бело-мочный	Округлая	Матовая	Г ⁻ кокки, 1,3–1,5×1,6–1,9 мкм	<i>Pseudomonas</i>
2	Бело-молочный	Точечная	Матовая	Г ⁻ длинные неправильной формы беспоровые палочки, 1,0–3,0×2,0–3,0 мкм	<i>Pseudomonas</i>
3	Желтоватый	Круглая	Глянцевая	Г ⁺ беспоровые палочки, слегка изогнутые	<i>Bacillus</i>
4	Бело-молочный	Точечная, выпуклая	Глянцевая	Г ⁺ кокки, 0,5–2,0 мкм, образующие скопления неправильной формы	<i>Micrococcus</i>
5	Розоватый	Амебодная	Матовая	Г ⁻ кокки, 0,8–1 мкм, в виде скоплений неправильной формы	<i>Halococcus</i>
6	Светло-коричневый	Округлая	Глянцевая	Г ⁻ длинные беспоровые палочки, 1,0–3,0×2,0–3,0 мкм	<i>Haloferax</i>
7	Молочный, по краям коричневый	Круглая с валиком по краям	Глянцевая	Г ⁺ беспоровые палочки, 1,0–1,2×1,0–3,0 мкм	<i>Halobacterium</i>
8	Светло-серый	Круглая, выпуклая	Матовая	Г ⁺ споровые палочки, 1,3–2,1×1,5–3,0 мкм	<i>Bacillus</i>
9	Желтый	Неправильная, зернистая	Глянцевая	Г ⁺ кокки, 1,2–1,6 мкм, объединенные в недлинные цепочки	<i>Streptococcus</i>
10	Серый	Точечная, плоская	Матовые	Г ⁻ длинные неправильной формы беспоровые палочки, 1,0–3,0×2,0–3,0 мкм	<i>Pseudomonas</i>
11	Бело-молочный, сероватый	Круглая, выпуклая	Глянцевая	Г ⁺ кокки, 0,7–1,5 мкм, одиночные или в парах	<i>Providencia</i>

Так, была изучена сезонная динамика ОМЧ (рис. 1). Исследования сезонной динамики ОМЧ происходило в течении годового периода с сентября 2010 г. по сентябрь 2011 г. Для удобства подсчета колоний микроорганизмов шахтная вода методом разведения была разбавлена в 1000 раз.

Показатель ОМЧ воды варьировал от 5×1000 в январе до 640×1000 КОЕ/л в августе.

Как видим (рис. 1), наибольшее количество микроорганизмов наблюдается в исследуемом объекте в августе. Это объясняется появлением наибольшего количества фитопланктона, продукты жизнедеятельности которого могут использоваться микроорганизмами в качестве питательных веществ. В зимние же месяцы этот показатель значительно падает, так как в среде находится намного меньше органических веществ, расщепление которых до простых соединений и есть основным призванием микроорганизмов.

Также следует учесть, что на численность микроорганизмов влияет и температурный фактор, как правило, где температурные условия выше – там более благоприятные условия для развития микроорганизмов.

Глядя на график, важно отметить, что по сравнению с январем, с приходом весны, в марте, показатель ОМЧ возрос почти в 20 раз. С приходом лета, когда показатель ОМЧ выходит на свой пик, он возрос более чем на 6 раз, по сравнению с мартом. В сентябре результаты стремительно упали (в 6,5 раз) в связи с ухудшением условий для микроорганизмов.

Все показатели ОМЧ не превысили значение ГОСТа КНД 211.1.2.009–94 «Правила контроля состава и свойств сточных и технологических вод» [7].

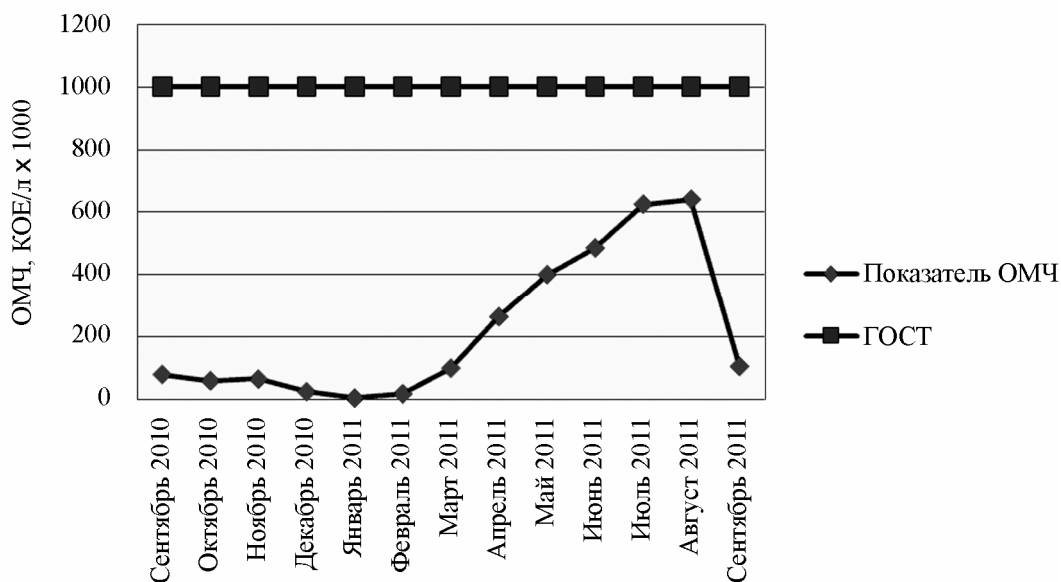


Рис. 1. Сезонная динамика общего микробного числа (ОМЧ)

Показатель ЛКП адекватно отражает санитарную характеристику шахтных вод и коррелирует с показателями фекального загрязнения сточных вод. В современных условиях на новом методическом уровне кишечные палочки сохраняют значение в качестве основного нормируемого показателя степени фекального загрязнения и косвенного индикатора эпидемической опасности водоемов различного водопользования.

Исследования сезонной динамики ЛКП также происходило в течении годового периода с сентября 2010 г. по сентябрь 2011 г. (рис. 2). Для удобства подсчета колоний микроорганизмов шахтная вода методом разведения была разбавлена в 10 раз.

Показатель ЛКП воды варьировал от 3×10 в январе до 240×10 КОЕ/л в июле и августе.

Как видим, аналогичная тенденция наблюдается и в сезонной динамике ЛКП. В июле и августе показатель кишечной палочки был наивысшим. Скорее это связано с тем, что шахтный отстойник активно эксплуатируется местным населением в хозяйственных, промышленных, рекреационных целях. Являясь представителем нормальной микрофлоры толстого кишечника человека, домашних животных, птиц, диких млекопитающих, рептилий, рыб и многих беспозвоночных, эти бактерии попадают в окружающую среду с испражнениями и служат индикатором недавнего фекального загрязнения.

Полученные данные также не превышают значения ГОСТа КНД 211.1.2.009–94 «Правила контроля состава и свойств сточных и технологических вод».

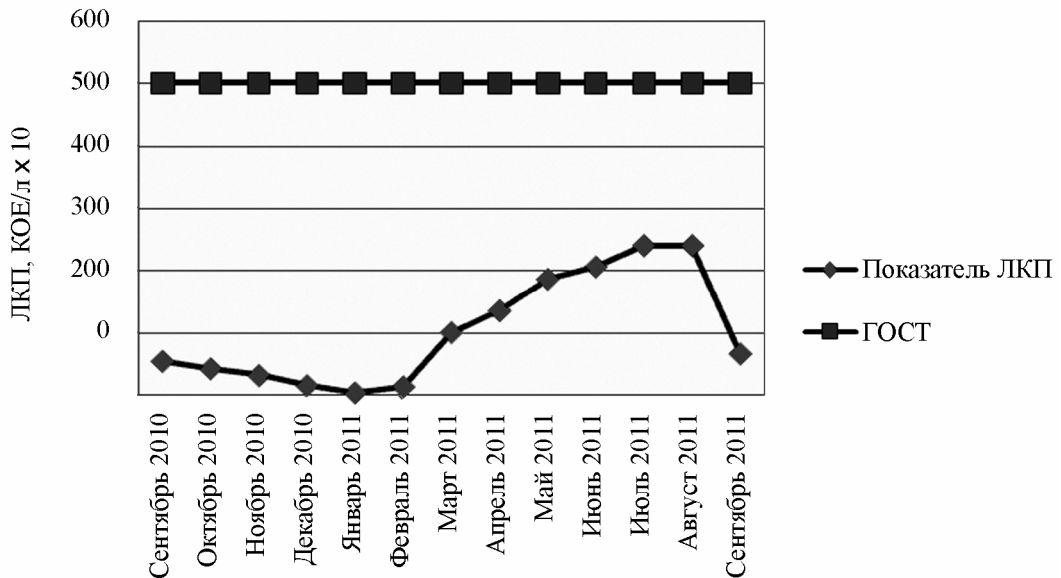


Рис.2. Сезонная динамика лактозоположительных кишчных палочек (ЛКП)

Был проведен физико-химический анализ проб исследуемой шахтной воды, который показал, что наличие взвешенных веществ в 1,8 раз, нефтепродуктов в 87 раз, сульфатов в 1,7 раз, хлоридов – в 6,2 раза превышают ПДК [8] (табл. 2).

Таблица 2

Результаты физико-химического анализа сточной воды шахты
«Южнодонбасская № 3»

Показатель	Содержание в сточной воде	ПДК	Во сколько раз превышает ПДК
рН	6,62	6,5–8,5	-
Взвешенные вещества, мг/л	110	60	1,8
Сухой остаток, мг/л	100,5	-	-
Органические вещества (общее содержание), мг/л	575	-	-
Нефтепродукты мг/л	4,35	0,05	87
Азот аммонийный мг/л	1,64	-	-
Азот нитратный мг/л	5,2	-	-
Азот общий мг/л	6,68	1	-
Сульфаты SO ₄ ²⁻ , мг/л	170	100	1,7
Хлориды СГ, мг/л	462	75	6,2

Все эти превышенные показатели могут влиять на биологические объекты в сточной воде и косвенно воздействовать на всю экосистему, а также изменять биологическую активность водного биоценоза.

Для проведения анализа на влияние шахтной воды на рост и развитие сельскохозяйственных растений осуществлялся полив четырех видов культур (кукуруза, подсолнечник, горох, фасоль), такими разведениями: 100% и 50% отстойная шахтная вода, и контроль (водопроводная вода). Опыт проводился в десятикратной повторности. Полив каждого вида растений осуществлялся в течение трех недель, один раз в три дня. Предварительно семена замачивались в том разведении воды, которой осуществлялся полив.

После проведения опытов снимались морфометрические показатели: высота надземной и подземной частей растений, диаметр стебля, масса высушенного растения. Определялась масса зольных веществ путем сжигания в муфельной печи. Также просчитывался процент прорастания семян после замачивания перед непосредственным посевом.

Исследования показали, что во всех опытах 100% шахтная сточная вода ингибировала рост и развитие растений. 50% сточная вода также замедляла рост и развитие, но в гораздо меньшей степени. На рисунках 3 и 4 представлена общая картина влияния сточной воды на сельскохозяйственные растения, где показывается, во сколько раз 100% и 50% шахтная сточная вода ингибирует контрольную выборку.

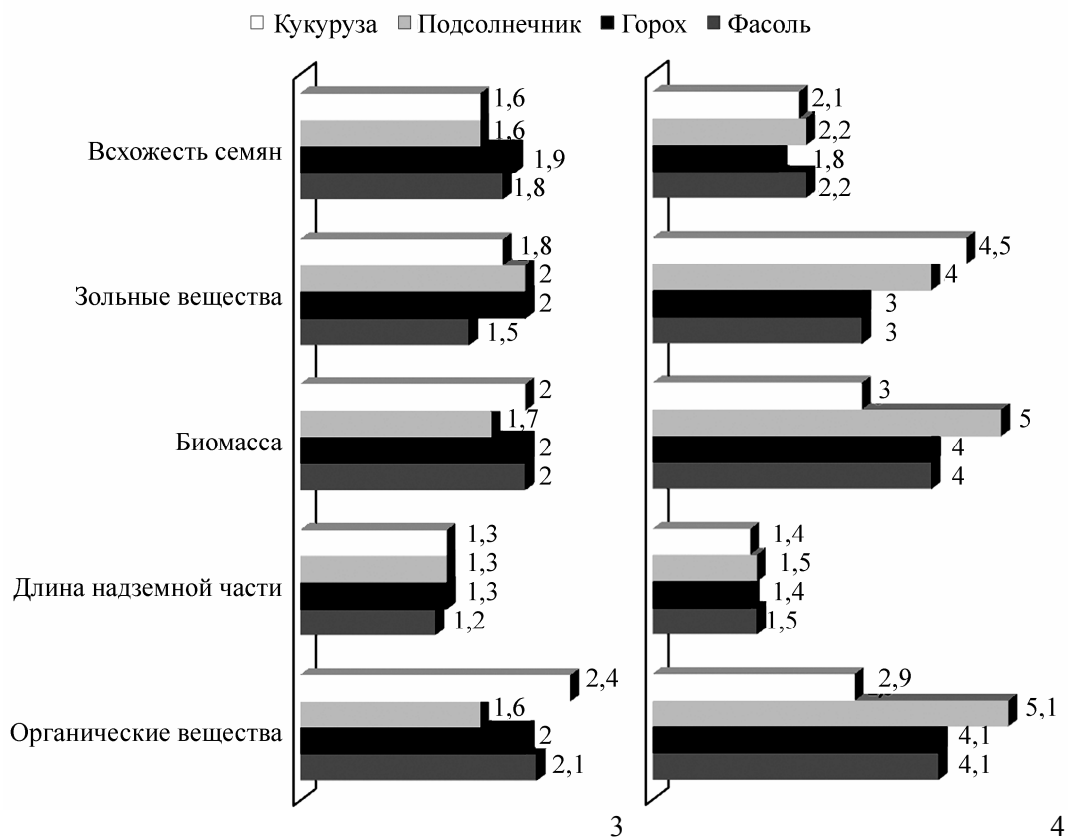


Рис. 3–4. Влияние 50%-ной (3) и 100%-ной (4) шахтной сточной воды на исследуемые проростки

Полученные данные свидетельствуют о значительном снижении пластического обмена растений. Возможно, это является следствием нарушения активности ферментов синтеза, недостатком элементов минерального питания, связанным с изменением проницаемости клеточных мембран. Оно может быть обусловлено наличием взвешенных веществ, хлоридов, сульфатов и нефтепродуктов, превышающих значения ПДК.

Таким образом, показано ингибирующее влияние шахтной сточной воды на рост и развитие исследованных растений. Не следует ее использовать для полива сельскохозяйственных растений.

ВЫВОДЫ

1. Шахтная вода отличается разнообразием качественного состава микрофлоры. Бактерии различались по морфологическим и культуральным признакам.

2. Показатель ОМЧ воды варьировал от 5×1000 в январе до 640×1000 КОЕ/л в августе.
3. Показатель ЛКП менялся от 3×10 в январе до 240×10 КОЕ/л в июле и августе.
4. Показатели ОМЧ и ЛКП исследованных шахтных вод соответствуют требованиям ГОСТа КНД 211.1.2.009-94 «Правила контроля состава и свойств сточных и технологических вод».
5. Физико-химический анализ проб шахтной воды показал, что наличие взвешенных веществ в 1,8 раз в сточной воде, сульфатов в 1,7 раза, нефтепродуктов – в 87 раз, хлоридов – в 6,2 раза превышает ПДК.
6. Шахтная вода как в 100% составе, так и в 50% разбавлении проточной водой ингибирует все признаки роста и развития сельскохозяйственных растений.
7. Данные исследований подтверждают, что шахтная сточная вода ингибирует рост и развитие растений. Использовать ее для полива сельскохозяйственных растений не следует.

Список литературы

1. ГОСТ 2761-84. Источники централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения. Гигиенические требования и правила выбора. – М.: Госкомитет по стандартам, 1984.
2. Державні санітарні правила і норми «Вода питна». Гігієнічні вимоги до якості питної води централізованого господарсько-питного водопостачання (ДСаНПН). – К.: Мінохорони здоров'я України, 1996.
3. САНПиН № 4630-88. Санитарные правила и нормы охраны поверхностных вод от загрязнения. – М.: Минздрав СССР, 1988. – 70 с.
4. Требования к качеству шахтных и карьерных вод, используемых для орошения сельскохозяйственных угодий Украинской ССР. РНТД 33.34.004.86. – Пермь, 1986.
5. Хоулт Дж. Определитель бактерий Берджи / Дж. Хоулт, Н. Криг. – В 2-х т. – М.: Мир, 1997. – Т. 1. – 576 с.
6. Хоулт Дж. Определитель бактерий Берджи / Дж. Хоулт, Н. Криг. – В 2-х т. – М.: Мир, 1997. – Т. 2. – 527 с.
7. ГОСТ КНД 211.1.2.009-94. Правила контроля состава и свойств сточных и технологических вод. – М.: Госкомитет по стандартам, 1994.
8. ГН 2.1.5.2280-07. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. – М.: Минэкологии, 2007.

Слепих О. О. Дослідження мікробіологічних та фізико-хімічних показників стічних вод шахти «Південнодонбаська № 3» та їх вплив на сільськогосподарські культури рослин // Екосистеми, їх оптимізація та охорона. Сімферополь: ТНУ, 2013. Вип. 9. С. 221–230.

У зв'язку з тим, що східний регіон України відчуває дефіцит водних ресурсів як для питних, так і для технічних потреб, було досліджено потенційне альтернативне джерело водопостачання – шахтні води. Об'єктом досліджень служила шахта «Південнодонбаська № 3». У статті наведено комплексний аналіз мікробіологічних та фізико-хімічних показників шахтних стічних вод. З метою можливого використання в агропромисловому комплексі, шахтна вода була протестована на сільськогосподарських культурах рослин. Доведено інгібуючий вплив даної води на рослинних культурах.

Ключові слова: дефіцит водних ресурсів, альтернативне джерело водних ресурсів, шахтні стічні води, шахта «Південнодонбаська № 3», мікробіологічний та фізико-хімічний аналіз, інгібуючий вплив.

Slepykh O. O. Study of microbiological and physico-chemical indexes of wastewaters of the mine «Pivdennodonbaska number 3» and their impact on crop plants // Optimization and Protection of Ecosystems. Simferopol: TNU, 2013. Iss. 9. P. 221–230.

Due to the fact that the eastern region of Ukraine is experiencing water shortages for both drinking and for technical purposes, it was investigated potentially alternative source of water supply – mine waters. The object of investigations was the mine «Pivdennodonbaska number 3». The article presents a comprehensive analysis of microbiological and physico-chemical parameters of mine wastewater. With a view to a possible use in agriculture, mine water has been tested on crop plants. It was proved the inhibitory effect of this water on vegetable crops.

Key words: water scarcity, alternative source of water, mine waste waters, mine «Pivdennodonbaska number 3», microbiological and physico-chemical analysis, the inhibitory effect.

Поступила в редакцию 15.07.2013 г.