

5  
Б 43

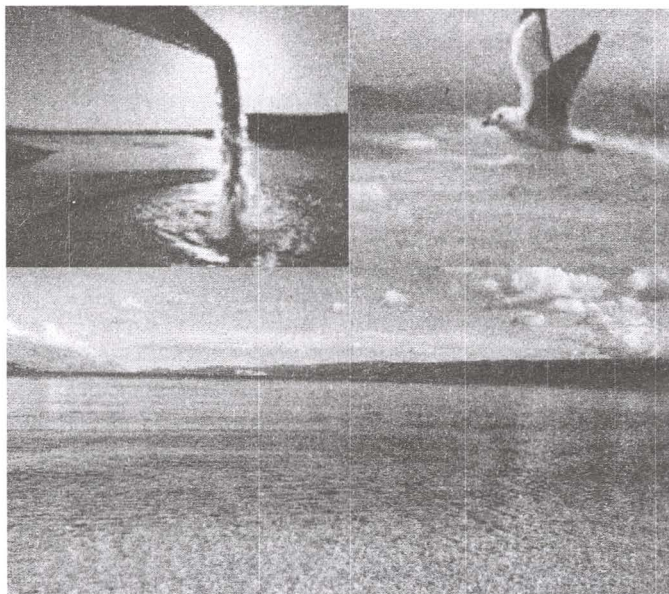
Беляев Н. Н.  
Голышев А. М.  
Кириченко П. С.

# ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СБРОСА СТОЧНЫХ ВОД В АКВАТОРИЮ МОРЯ



Н. Н. Беляев, А. М. Голышев, П. С. Кириченко

## ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СБРОСА СТОЧНЫХ ВОД В АКВАТОРИЮ МОРЯ



НТБ ДНУ



000859113

ВНЛ

Днепропетровск  
Акцент ПП  
2014

УДК 502.51(26):622.5

ББК 26.26:33.17

Б 43

Рецензенты:

**Л. С. Савин** (ПГАСА), д-р техн. наук, проф.

**В. Д. Петренко** (ДИИТ), д-р техн. наук, проф.

**С. З. Полищук** (ПГАСА), д-р техн. наук, проф.

*Рекомендовано к печати Ученым советом  
Днепропетровского национального университета  
железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна*

**Беляев Н. Н., Голышев А. М., Кириченко П. С.**

Б 43 Экологические аспекты сброса сточных вод в акваторию моря  
[Текст] / Н. Н. Беляев, А. М. Голышев, П. С. Кириченко. Д.:  
Акцент ІІІ, 2014. – 126 с.

ISBN 978-617-7109-57-9

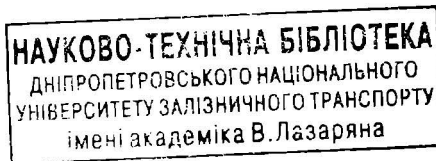
В монографии рассмотрен вопрос утилизации шахтных вод путем их сброса в акваторию моря. Приведен комплекс математических моделей, позволяющих оценить последствия такого сброса.

Для студентов, аспирантов, научных работников и специалистов в области экологической безопасности, водоотведения, прикладной математики.

Іл. 37. Табл. 6. Бібліогр.: 167 найм.

УДК 502.51(26):622.5

ББК 26.26:33.17



ISBN 978-617-7109-57-9

© Беляев Н. Н., Голышев А. М.,  
Кириченко П. С., 2014

# СОДЕРЖАНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ</b>	5
<b>ГЛАВА 1 Анализ состояния проблемы утилизации сточных вод горнодобывающих предприятий</b>	8
1.1 Описание проблемы сброса сточных вод	8
1.1.1 Анализ мероприятий по решению проблемы утилизации сточных вод Криворожского железорудного бассейна	14
1.1.2 Существующая схема отвода сточных вод Кривбасса	19
1.1.3 Экологические последствия эксплуатации прудов-отстойников	24
1.1.4 Сброс сточных вод в море	27
1.2 Определение направлений исследований	29
<b>ГЛАВА 2 Математические модели рассеивания сточных вод в акватории моря</b>	31
2.1 Обоснование методов исследования	31
2.2 Моделирование гидродинамики взаимодействия сбрасываемых сточных вод с морским потоком	42
2.3 Модель течения в водовыпуске	44
2.4 Моделирование переноса загрязняющего вещества в акватории моря	47
2.5 Численное интегрирование уравнения Лапласа	50
2.6 Численное интегрирование уравнения переноса примеси	54
<b>ГЛАВА 3 Моделирование загрязнения акватории моря</b>	63
3.1 Описание структуры компьютерных программ	63
3.2 Алгоритм решения задачи о загрязнении акватории моря методом численного моделирования	65
3.2.1 Алгоритм расчета предварительного разбавления сточных вод внутри водовыпуска разработанной конструкции	66
3.2.2 Алгоритм расчета рассеивания загрязнителя в акватории моря при сбросе разбавленных сточных	67

вод	
3.3 Физическое моделирование рассеивания сточных вод в акватории Черного моря	68
3.4 Результаты физического моделирования процесса сброса сточных вод в море	76
3.5 Численное (CFD) моделирование процесса разбавления сточных вод в водовыпуске	79
3.6 Прогнозирование загрязнения акватории моря при сбросе сточных вод	86
3.7 Технико-экономический анализ проекта отвода сточных вод Кривбасса	98
3.8 Прогнозирование загрязнения акватории моря при сбросе шахтных вод Кривбасса	103
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ</b>	105
<b>СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ</b>	106

## ВВЕДЕНИЕ

Производственная деятельность горнодобывающей промышленности Украины всегда была связана с откачкой, частичным использованием в оборотных циклах и утилизацией большого количества сточных вод. Ухудшение экологического состояния поверхностных водных источников в результате сбросов высокоминерализованных сточных вод горнодобывающей промышленности занимает важное место среди проблем экологической безопасности многих регионов Украины, в частности таким регионом является Криворожский железорудный бассейн.

Кривбасс относится к горнодобывающему региону с критическим состоянием окружающей среды. Одним из проблемных вопросов Криворожского региона является необходимость откачки, отвода 40–45 млн. м<sup>3</sup>/год сточных и карьерных вод, из которых 25–30 млн. м<sup>3</sup> идут на повторное использование, и ежегодной утилизации избытка высокоминерализованных вод в объеме 10–15 млн. м<sup>3</sup>, сбрасываемых в реки Саксагань и Ингулец, относящихся к бассейну р. Днепр. Общий объем дренажа сточных вод из пруда-отстойника и шлакоохранилищ горно-обогачительных предприятий Кривбасса оценивается в 14–20 млн. м<sup>3</sup>/год, что приводит к повышению уровня подземных вод и в дальнейшем – к перераспределению водопритоков в существующие шахты и карьеры.

В результате многолетних сбросов ухудшилось экологическое состояние не только Криворожского региона, но и Николаевской и Херсонской областей, для которых река Ингулец является одним из основных источников хозяйственно-питьевого водоснабже-

ния. Слабо работает система питьевого водоснабжения г. Николаева, которая существует благодаря искусственному водохранилищу и пополняется водами реки Ингулец в нижнем ее течении. Особенно ухудшилось качество питьевой воды в Снегуровском районе, где даже после весенней промывки русла реки Ингулец ежегодно фиксируются превышения нормативов качества поверхностных вод рыбохозяйственного назначения по хлоридам в 1,4 раза, по сульфатам – в 1,5 раза и минерализации – в 2,4 раза. Продолжается засоление орошаемых земель Днепропетровской, Херсонской и Николаевской областей, где уже почти непригодны к использованию 59,5 тыс. га поливных земель. Ухудшилось состояние естественной кормовой базы и ихтиофауны вдоль рек Саксагань и Ингулец, где сосредоточены места нереста рыбы. Естественная восстановительная способность речной экологической системы давно исчерпана.

Предыдущие разработки и проектные решения по решению задачи утилизации сточных вод угледобывающих и горнорудных предприятий были направлены на применение разработанных методов обессоливания воды, но большинство этих методов являются малоэффективными или капиталоемкими в условиях огромных объемов откачки сточных вод горнодобывающими предприятиями. На сегодняшний день актуальными остаются проекты по экологической оптимизации сбросов сточных вод в поверхностные водные источники с предварительной оценкой и прогнозированием уровня загрязнения поверхностных вод сточными водами предприятий. Одним из таких проектов является, например, проект отвода сточных вод Криворожского региона в Черное море.

Его практическая реализация требует прогнозной оценки влияния сброса сточных вод на уровень загрязнения акватории Черного моря. Нормативные материалы, которые используются сейчас в Украине для прогнозирования загрязнения моря, не могут обеспечить решение рассматриваемой задачи в связи с их ограничениями: не учитывается процесс взаимодействия струи сточных вод и морского потока, годовой объем сброса сточных вод превышает 10 млн. м<sup>3</sup> в год и другие. Поэтому актуальной задачей является разработка эффективных методов прогноза уровня загрязнения акватории моря при сбросе сточных вод.

## **ГЛАВА 1**

### **Анализ состояния проблемы утилизации сточных вод горнодобывающих предприятий**

#### **1.1 Описание проблемы сброса сточных вод**

Экологи и ученые Днепропетровской области, в том числе и Кривого Рога, обеспокоены катастрофической экологической ситуацией в регионе. На сегодняшний день на долю Кривого Рога приходится 54 % всех сбросов в Украине, и эта тенденция неуклонно растет. Например, в течение одного года объем загрязняющих веществ, выброшенных в воздух промышленными предприятиями, в среднем составляет 30 тыс. тонн, а общий объем сброса сточных вод в поверхностные водоемы – 85 млн. м<sup>3</sup>, что представлено в табл. 1.1.

Увеличение выбросов наблюдается на ОАО «Северный ГОК», ПАО «Ингулецкий ГОК», металлургическом производстве ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог». В расчете на 1 жителя города приходится 400 кг выбросов. И как результат, имеют место многочисленные и разнообразные заболевания взрослых и детей, в том числе туберкулезом и онкологическими заболеваниями [22]. В последние годы в Криворожском бассейне крайне осложнилась водохозяйственная ситуация. Вся территория региона находится в неудовлетворительных климатических условиях – в зоне с недостаточным увлажнением, районе, бедном на пресноводные источники. Резкое ухудшение качества подземных и поверхностных вод вызвано активной деятельностью многочисленных промышленных предприятий. Добыча и переработка железной руды

связаны с большими объемами откачки и аккумуляции высокоминерализованных подземных вод [94, 109, 138, 143, 144, 146]. Их использование в оборотных циклах и накопление в существующих хвостохранилищах осуществляются частично и приводят к образованию значительных излишков оборотных вод.

**Таблица 1.1**

**Перечень предприятий-загрязнителей водных объектов, объемы и категории сточных вод, сброс которых осуществлялся в водоемы в 2012 г.**

№ п/п	Наименование предприятия-загрязнителя	Объем сброса, тыс. м <sup>3</sup>	Категория качества воды			Водоем	Количество фильтруемой воды, тыс. м <sup>3</sup>
			Загрязнения (без очистки), тыс. м <sup>3</sup>	Недостаточно очищенная, тыс. м <sup>3</sup>	Нормально очищенная, тыс. м <sup>3</sup>		
1	2	3	4	5	6	7	8
1	ГПП «КПВС»	286,5			286,5	р. Ингулец	
2	ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог» МВ	8007,3	21,6	7985,7		ООО «Терра Консалтинг» 7985,7 р. Ингулец 21,6	
3	ШУ ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог»	3931,9	3931,9 (шахт. воды)			р. Ингулец р. Саксагань	
4	ПАО «Хальдерберг Цемент Украина»	224,5			224,5	ООО «Терра Консалтинг» р. Ин-	

						гулец	
5	ПАО «Центральный горно-обогатительный комбинат»	3258,4	3258,4 (шахт. воды)			р. Ингулец	85,0
6	ПАО «Южный горно-обогатительный комбинат»	65,1	65,1			ГОВ «Терра Консалтинг» р. Ингулец	
7	ПАО «Ингулецкий горно-обогатительный комбинат»	–				р. Ингулец	218,0
8	ПАО «Северный горно-обогатительный комбинат»	2049,0	2049,0			р. Саксагань	56,6
9	ПАО «Кривбассжелезорудком»	3819,5	3819,5 (шахт. воды)			р. Ингулец	
10	ПАО «ЕВРАЗ Сухая Балка»	834,7	834,7 (шахт. воды)			р. Ингулец	
11	ПАО «КЗГО»	148,5		148,5		р. Саксагань	
12	ПАО «Дизельный завод»	11,32		11,32		р. Саксагань	
13	ПАО «Криворожский турбинный завод «Констар»	49,7		49,7		р. Ингулец	
14	ПАО «Электрозавод»	7,0	7,0			р. Саксагань	
15	КП «Кривбассводоканал»	62874,0	–	56636,0	6238,0	р. Ингулец р. Саксагань	

						р. Широкая	
16	ПАО «Криво-рождормаш»	9,4	9,4			р. Ингулец	
17	ДП «Агро-лайт»	22,2	22,2			р. Саксагань	
	Итого:	85599,02	14018,8	64831,2 2	6749,0		359,6

По данным табл. 1.1, из 14,0188 млн. м<sup>3</sup> неочищенных сточных вод предприятий-загрязнителей, сброс которых осуществлялся в р. Саксагань и Ингулец, 11,8445 млн. м<sup>3</sup> составляют шахтные и карьерные воды Кривбасса. На обратное водоснабжение ГОКов используется около 30 млн. м<sup>3</sup>. В то же время общий объем сбрасываемых сточных вод в р. Саксагань и Ингулец – 85,59902 млн. м<sup>3</sup>. При этом согласно «Регламенту сброса излишков оборотных вод горнорудных предприятий Кривбасса» с Карачуновского водохранилища расходуются 70,2 млн. м<sup>3</sup> пресной воды на промывку русла р. Ингулец [121]. Но такие меры малоэффективны, так как промывочная вода водохранилища по содержанию сульфатов относится к слабосоленым водам.

Также обнаружено, что количество шахтной воды в 40–45 млн. м<sup>3</sup> разместить в хвостохранилищах Северного, Южного, Новокривоорожского ГОКов и пруду-накопителе сточных вод в балке Свистунова оказалось невозможным. Сейчас общий объем дренажа воды из пруда-отстойника и шламоохранилищ ГОК через трещины на дне этих водоемов оценивается в 14–20 млн. м<sup>3</sup>/год, и в связи с отсутствием других емкостей, пригодных для их аккумуляции, возникла необходимость срочного поиска альтернативных, экологически безопасных вариантов обращения с избыт-

ком сточных вод предприятий Кривбасса. Из-за сброса высокоминерализованных вод в Николаевской области засолены и деградированы 58 тыс. га орошаемых земель, в Херсонской области – 1,5 тыс. га. Ежегодно на 1 га сбрасывается свыше четырех тонн разных солей, в том числе одна тонна хлоридов [22].

С увеличением глубины разработки железных руд возрастает и степень минерализации подземных вод. Глубже 300 м преимущественно распространены хлоридно-натриевые воды с минерализацией 15 г/дм<sup>3</sup> и выше. В 2010 году средняя минерализация сточных и сточных вод в хвостохранилище ПАО «Северный горно-обогатительный комбинат» составляла 10 г/дм<sup>3</sup>, в хвостохранилище шахты «Гвардейская» – 3 г/д м<sup>3</sup>, в пруду-накопителе балки Свистунова – 38,4 г/дм<sup>3</sup>, в хвостохранилище ПАО «Ингулецкий горно-обогатительный комбинат» – 4 г/дм<sup>3</sup> [22].

Минерализация воды в р. Ингулец ниже г. Кривого Рога и до гидрологического поста в с. Андреевка составляет 2,0–3,5 г/дм<sup>3</sup>, достигая 9–10 г/дм<sup>3</sup> при сбросе из хвостохранилища ПАО «Северный горно-обогатительный комбинат» и пруду-накопителя в балке Свистунова высокоминерализованных вод с высоким содержанием хлорид-, сульфат-, натрий-, калий-, магний- и кальций-ионов, которые превышают допустимые концентрации для поверхностных источников пресной воды от 5 до 35 раз [121]. Вследствие этого под угрозой оказалось водоснабжение г. Николаева, продолжается засоление орошаемых земель Днепропетровской, Херсонской и Николаевской областей (почти непригодные к использованию 59,5 тыс. га поливных земель), уменьшилось количество естественной кормовой базы

и ихтиофауны вдоль р. Саксагань и Ингулец, в том числе в низовьях Днепра, где сосредоточены места нереста рыбы. Естественная восстановительная способность речной экологической системы давно исчерпана [73, 108, 111].

В связи с аварийным состоянием накопителя высокоминерализованных сточных вод в б. Свистунова – исследовательскими институтами установлено [20, 33, 38], что трещины на дне накопителя и шламохранилищ с каждым годом увеличиваются, поэтому следует ожидать увеличения объемов высокоминерализованных вод, дренирующих в почву, а затем в водоносные горизонты. Сочетание постоянной откачки подземных вод горнорудными предприятиями и промышленно-городской агломерации привело к осушению огромных объемов горных пород, что существенно изменило фильтрационные и емкостные характеристики пород. Изменилось направление движения подземных вод, увеличились градиенты потоков. Огромные территории под влиянием горных работ осушены до 1000 и более метров. Мокрая консервация шахт и затопление карьеров на других участках приводят к повышению уровня подземных вод и в дальнейшем – к перераспределению водопритоков в существующие шахты и карьеры [22, 108, 121].

Особенностью Кривбасса является то, что в связи с длительной эксплуатацией месторождения горные предприятия по подземной добыче руды образовали фактически единственный гидротехнический комплекс длиной почти 100 км. При таких условиях прекращение водоотведения в одной части месторождения вызывает увеличение водопритока в другой. Таким образом, вдоль Криворожского месторождения

(рис. 1.1) образовалась значительная концентрация неуравновешенного напряжения земной коры. Ее обводнение может стать детонатором катастрофических явлений, если шахты будут затоплены без предварительной компенсационной закладки выработанного пространства [20, 38, 110].

### **1.1.1 Анализ мероприятий по решению проблемы утилизации сточных вод Криворожского железорудного бассейна**

За последние 30 лет были рассмотрены следующие варианты отвода и использования сточных вод Кривбасса [22, 29, 30, 73, 99, 108, 110, 111, 113, 114, 121]:

вариант I – отвод сточных вод в Черное море;

вариант II – отвод сточных вод в пруд-накопитель Запорожского железорудного комбината, расположенного в Утлютском лимане Азовского моря;

вариант III-дальнейшее использование сточных вод на ГОКах Кривбасса;

вариант IV – закачка сточных вод в геологические структуры;

вариант V – опреснение сточных вод и утилизация;

вариант VI – использование сточных вод на ГОКах (схема со сбросом и разведением избытка сточных вод речной водой из Днепра через канал Днепр-Ингулец);

вариант VII – обессоливание сточных вод различными методами: дистилляционный, электродиализный, обратного осмоса, ионообменный;

вариант VIII – смягчение сточных вод содово-известковым методом;

вариант IX – развитие хвостовых хозяйств на Северном, Южном и Новокриворожском ГОКах;

вариант X – варианты отвода и разбавления сточных вод с учетом поступления хозяйственно-бытовых стоков с подвариантами [22].

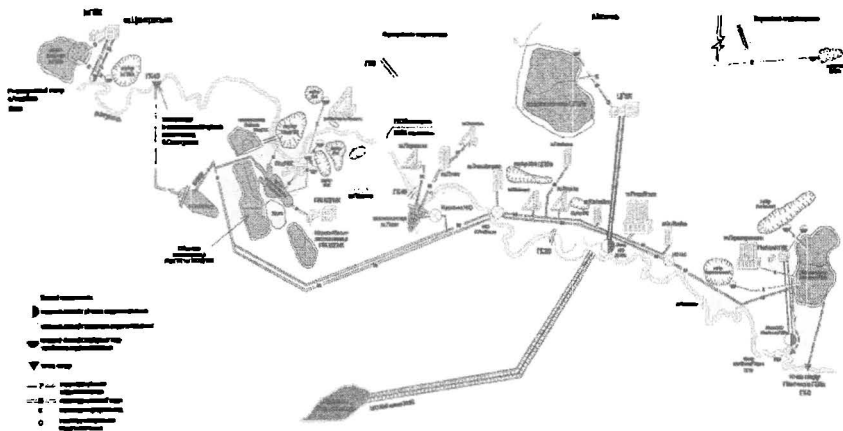


Рис. 1.1. Схема технического водоснабжения, отвода, использования и сброса оборотных вод Кривбасса

- отвод сточных вод Северной группы шахт общим объемом  $6,2 \text{ млн. м}^3$  с минерализацией  $27,3 \text{ г/дм}^3$  в течение всего года в отводной канал Криворожских очистных сооружений (КОС), подающий воду по существующей схеме в реки Каменка и Базавлук;

- сброс с Северной группы шахт ( $W = 6,2 \text{ млн. м}^3$ ;  $Q = 0,47 \text{ м}^3/\text{с}$ ;  $M = 27,3 \text{ г/дм}^3$ ) проводится в р. Саксагань в межвегетационный период;

- сброс всех сточных вод ( $W = 20,8 \text{ млн. м}^3$ ;  $Q = 1,6 \text{ м}^3/\text{с}$ ;  $M = 36,14 \text{ г/дм}^3$ ) в р. Ингулец производится в межвегетационный период. Кроме того, разбавление осуществляется путем санитарных пропусков с Макор-

товского водохранилища очищенных сточных вод Терновских очистных сооружений, воды из Южного водохранилища, путем сброса воды с Южных очистных сооружений, промышленных сточных вод канала ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог» МВ и ПАО «ИнГОК»;

- сброс сточных вод в течение года северной группы шахт ( $W=6,2$  млн.  $m^3$ ;  $Q=0,20$   $m^3/c$ ;  $M=27,3$   $г/дм^3$ ) в р. Саксагань, а в южной ( $W=14,6$  млн.  $m^3$ ;  $Q=0,46$   $m^3/c$ ;  $M=39,9$   $г/д м^3$ ) – в р. Ингулец.

Анализ перечисленных мероприятий показал, что все они имеют существенные недостатки:

- использование минерализованных сточных вод в системах оборотных циклов на всех ГОКах Кривбасса допустимо в пределах солесодержания оборотной воды не более  $70$   $ммоль/дм^3$  по жесткости или  $25$   $г/дм^3$  общего солесодержания, а фактически по некоторым шахтам солесодержание достигает  $196$   $г/дм^3$ ;

- для реализации плана закачки сточных вод в геологические структуры необходимо выполнить целый комплекс специальных геологоразведочных и научно-исследовательских работ с осуществлением опытно-промышленной закачки. Комплекс исследований с целью оценки возможности закачки сточных вод в глубокие геологические структуры Кривбасса с применением методов математического моделирования институтом геологических наук НАН Украины и Днепровским отделением УкрГГРИ засвидетельствовал невысокую и крайне неравномерную степень водонасыщения пород Криворожской серии. Согласно проведенным исследованиям, наиболее подходящими для закачки сточных вод в объемах до  $100$   $m^3/сутки$  были определены две скважины Саксаганской свиты. Однако целесообразность устройства на базе этих

скважин полигонов закачки сточных вод вызывает сомнения [20].

Так, первая скважина расположена вблизи дренажного квершлага шахты «Гигант-дренажная», работающей в режиме гидрозащиты. Вторая скважина находится вблизи карьера шахты им. Калинина, с которой ведется откачка воды с целью предупреждения подтопления жилого массива. Таким образом, имеющиеся гидравлические связи, в случае закачки сточных вод, будут способствовать дополнительному наводнению объектов, требующих защиты от подземных вод;

- обессоливание сточных вод методом термического смягчения с последующим электродиализным опреснением и переработкой концентрата методом выпаривания требует слишком большого количества топлива – 1,3 млрд. м<sup>3</sup> газа в год [87, 108, 121];

- при деминерализации даже слабоминерализованных вод образуются сложные токсичные концентраты с чрезвычайно высоким содержанием солей, которые невозможно полностью переработать. Таким образом, их надо снова временно, но достаточно надежно, аккумулировать до решения проблемы их комплексной переработки или сбросить в действующие очистные сооружения, переложив нерешенную проблему на другие организации. Так, при деминерализации 12,0 млн. м<sup>3</sup> в год до уровня 1 г/л будет образовываться около 470,0 тыс. тонн концентрированных солевых остатков. Пока отсутствуют технические решения по утилизации такого большого количества солей, полученных в результате обессоливания;

- недостаточно исследована работа мембранных установок обессоливания при пропускании через них сточных и карьерных вод;

- сброс сточных вод в Черное море или Утлюкский лиман также требует детального исследования экологических последствий для акватории. Для исследования взаимодействия сбросов с морской водой нужно создать математические модели, которые бы учли гидродинамику водоема в районе сброса, подачу и диффузию загрязнений, обеспечили возможность компьютерного прогнозирования органолептических, гидрохимических и микробиологических параметров водоема в конкретных створах в зависимости от объемов и состава сточных и карьерных вод;

- ориентированные расчетные техникоэкономические показатели по строительству комплекса по опреснению сточных вод шахты «Родина» мощностью 600 м<sup>3</sup>/час или 5,25 млн. м<sup>3</sup> в год следующие:

- капитальные вложения – 180 млн. грн;
- расход газа – 64,62 млн. м<sup>3</sup>/год;
- расход электроэнергии – 57 млн. квт. час / год.

Анализируя вышеприведенные варианты отвода и разбавления сточных вод с учетом поступления хозяйственно-бытовых стоков (вариант X), можно сделать вывод, что ни один из них не решает проблему улучшения состояния пресноводных источников Кривбасса, а лишь снижает интенсивность их загрязнения.

Изучение данной проблемы указывает, что на сегодняшний день как в Украине, так и за ее пределами не существует комплексной технологии деминерализации не только сточных вод, но и вообще сточных вод.

Подытоживая вышесказанное, следует отметить, что современные технологии по очистке различных стоков имеют большие возможности, но их примене-

ние в промышленных масштабах невозможно без решения общей проблемы комплексной переработки или полной утилизации образующихся отходов.

При таких обстоятельствах перспективным выходом из сложившейся ситуации обращения с высокоминерализованными шахтными, карьерными, рудничными водами в Криворожском горнодобывающем регионе можно считать отвод и сброс сточных вод в Черное море при детальном исследовании и обосновании экологических последствий для акватории моря [49, 52, 163].

### **1.1.2 Существующая схема отвода сточных вод Кривбасса**

Сегодня в Криворожском бассейне работают 5 мощных ГОКов и 8 шахт, ведущих добычу руды в 10 карьерах открытым способом на глубине 300–500 м и в подземных условиях – от 500 до 1200 м, добывающих до 130 млн. т/год железорудного сырья. Для поддержания благоприятного гидрологического режима добычи железорудного сырья и недопущения затопления выработанного пространства в бассейне в течение последних лет откачивается около 40,0 млн. м<sup>3</sup>/год подземных вод, среди которых карьерные воды составляют 21,0–22,0 млн. м<sup>3</sup>/год и 17,0–18,0 млн. м<sup>3</sup>/год – высокоминерализованные шахтные воды [22, 121]. На рис. 1.2 изображена общая схема откачки и утилизации избытка сточных и карьерных вод, которая существует в настоящее время.

По данным института ПАО «Укрводпроект», с 1997 по 2009 года из горных выработок Кривбасса в среднем ежегодно откачивается 49,47 млн. м<sup>3</sup> воды, в

*Наукове видання*

**Беляєв Микола Миколайович**  
**Голишев Олександр Маркович**  
**Кириченко Павло Сергійович**

**ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ СКИДАННЯ  
СТІЧНИХ ВОД В АКВАТОРІЮ МОРЯ**

*Монографія*

*Російською мовою*

**Матеріал друкується в авторській редакції**

Формат 60x84/16. Умовн. друк. арк. 7,32  
Тираж 300 пр. Зам №6656.

Видавництво ТОВ «Акцент ПП»  
вул. Ларіонова, 145, м. Дніпропетровськ, 49052  
тел. (056) 794-61-04(05)

*Свідоцтво суб'єкта видавничої справи  
серія ДК № 4766 від 04.09.2014.*

Віддруковано в ТОВ «Акцент ПП»  
вул. Ларіонова, 145, м. Дніпропетровськ, 49052  
тел. (056) 794-61-04(05)

*Свідоцтво суб'єкта видавничої справи  
серія ДК № 4766 від 04.09.2014.*

В монографии рассмотрен вопрос утилизации шахтных вод путем их сброса в акваторию моря. Проведен комплекс математических моделей, позволяющих оценить последствия такого сброса. Для студентов, аспирантов, научных работников и специалистов в области экологической безопасности, водоотведения, прикладной математики.

