

УДК 622.51:628.33/.35

**Н.Н. Гусев, Ю.В. Каплунов, А.Н. Подсевалов**  
**ОЧИСТКА ШАХТНЫХ ВОД**  
**ДО ПИТЬЕВОГО КАЧЕСТВА**  
**НА ЛИКВИДИРОВАННЫХ ШАХТАХ**

*Дан анализ показателей существующей системы водоснабжения. Приведены решения задач защиты поверхностного водоисточника от загрязнения и повышения надежности хозяйственно-питьевого водоснабжения города.*

*Ключевые слова:* *хозяйственно-питьевое водоснабжение, сорбционная очистка шахтных вод, зоны санитарной охраны.*

**Семинар № 8**

**П**роблема надежного хозяйствственно-питьевого водоснабжения населения в конце 90-х годов прошлого века признана на государственном уровне как актуальная для всех промышленно развитых регионов страны. Истоки проблемы коренятся в отсутствии эффективных экономических механизмов и научно-технической базы обеспечения рационального водопользования и водопотребления в условиях загрязнения поверхностных и подземных источников водоснабжения, а также истощения запасов и ухудшения качества подземных вод.

Установлено [1] что в результате хозяйственной деятельности поступление различных химических соединений в водные объекты в десятки раз превосходит естественное поступление веществ при выветривании горных пород. Ежегодно в водоемы сбрасывается более 500 млрд м<sup>3</sup> производственных и бытовых сточных вод, для нейтрализации которых требуется 5–12-кратное разбавление их природной водой, что в совокупности с ростом водопотребления, приводит к истощению ресурсов качественных вод.

Сопоставление основных направлений промышленной деятельности по их влиянию на водные объекты отражено в табл. 1 (сокращением из [1]).

Из данных табл. 1 наиболее сильное воздействие на водные бассейны оказывают горнодобывающие отрасли промышленности. Среди этих отраслей масштабное негативное экологическое воздействие оказывают предприятия угольного производства. При этом по угольной отрасли к 2020 г. не исключается увеличение практически всех показателей, характеризующих негативное техногенное воздействие на компоненты природной среды по сравнению с базовым 2006 годом.

Так, к 2020 г. объем сточных вод сброшенных в поверхностные водоемы возрастет в 1,3 раза и составит 650 млн м<sup>3</sup>, ее использования – в 2,4 раза (170 млн м<sup>3</sup>), в том числе на питьевые нужды в 1,3 раза (23 млн м<sup>3</sup>). Показатели водозабора увеличатся в среднем в 1,3 раза (60 млн м<sup>3</sup>). При этом возможно увеличение в следующих федеральных округах: Северо-западном – в 1,4 раза (2 млн м<sup>3</sup>); Южном – в 1,5 раза (1,8 млн м<sup>3</sup>);

**Таблица 1**  
**Сравнительная оценка воздействия различных видов промышленного производства на водные объекты**

Вид промышленной деятельности	Водный бассейн	
	поверхностные воды	подземные воды
Целлюлозно-бумажная	Си	Н
Строительство	Н	Н
Транспорт	Ср	Н
Топливно-энергетическая	Си	Н
Металлургическая	Си	Н
Химическая и нефтехимическая	Си	Ср
Горнодобывающая	Си	Си

*Условные обозначения:*

О – отсутствие воздействия; Н – незначительное воздействие; Ср – воздействие средней силы; Си – сильное воздействие.

Сибирском – в 1,4 раза (45–47 млн м<sup>3</sup>); в Дальневосточном федеральном округе – в 1,3 раза (10 млн м<sup>3</sup>).

Отсутствие необходимого объема чистой воды уже сегодня является сдерживающим фактором обеспечения устойчивого развития промышленности в целом, в частности проблемой для углепромышленных регионов.

Разрешение этой проблемы видится, в первую очередь, в поиске эффективных технико-технологических способов устойчивого обеспечения водоснабжения населения и производства, как на государственном, так и на отраслевом уровне. Особенно оно актуально применительно как к действующим, так и ликвидируемым шахтам (разрезам).

Следует признать, что проблема очистки шахтных вод до питьевого качества оказалась сложной для разрешения применительно к ликвиди-

руемым шахтам. Поэтому, в горном деле актуален поиск научно обоснованных решений для обеспечения рационального водопользования в углепромышленных регионах с масштабным закрытием шахт. Основополагающей идеей для поисковых работ является потенциальная возможность использования шахтных вод ликвидируемых предприятий в качестве альтернативного источника хозяйственно-питьевого водоснабжения. До настоящего времени отсутствовала практика использования шахтных вод как питьевого источника из-за ограничений, введенных санитарными органами. В ходе реструктуризации среди других регионов появилась потребность в обеспечении качественной питьевой водой Сланцевского района Ленинградской области (Ленинградсланец), где в 1998 г. прекратила свою работу шахта им. С.М. Кирова.

Проектом ее ликвидации исключалось затопление из-за серьезных экологических последствий связанных прежде всего с загрязнением водоносных горизонтов летучими фенолами и солями тяжелых металлов, образуемых вследствие химической реакции при длительном контакте воды и вмещающих пород. Гидравлическая взаимосвязь водоносных горизонтов с поверхностными водотоками могла привести к загрязнению поверхностных водотоков – р. Нарова, Плюсса и Чудского озера («Гидрогеологическое заключение по шахте им. С.М. Кирова» «ВНИМИ», «МНИИ-ЭКО ТЭК» Минтопэнерго РФ, 1996 г.). То есть ликвидация шахты затоплением могла негативно повлиять на состояние водоисточников, используемых для питьевого водоснабжения населенных пунктов расположенных как в Сланцевском районе, так и за его пределами.

По предложенному варианту «сухой» консервации шахты поступающая в горные выработки вода откачивается на дневную поверхность. При этом вода должна очищаться для последующего ее сброса в р. Плюсса – рыбохозяйственный водоем I категории. Результаты анализа воды и исследование проблемы показали, что откачиваемые из шахты подземные воды после соответствующей очистки могут служить стабильным источником хозяйственно-питьевого водоснабжения города.

Расчетный расход воды для нужд водоснабжения г. Сланцы составил 19 010 м<sup>3</sup>/сут. При естественном гидродинамическом режиме водоснабжение базировалось исключительно на подземных водах. Однако интенсивный шахтный водоотлив за годы эксплуатации подземных источников привел к их определенному истощению и образованию региональной пьезодинамической депрессии, площадь которой в западной части Ленинградской области оценивается в размере 700 км<sup>2</sup>. Прогнозные эксплуатационные запасы на территории района составляют порядка 126 млн м<sup>3</sup> в год. Утвержденных запасов подземных вод нет.

Источником водоснабжения г. Сланцы является р. Плюса, ресурсы поверхностных вод которой в створе города составляют 812 млн м<sup>3</sup>, а сток, возможный к использованию (отбору) – 353 млн м<sup>3</sup>. В летне-осенние месяцы дефицита водных ресурсов забирается 100 % стока, возможного к отбору по санитарным нормам. При таком водозаборе возможен ущерб водоресурсного потенциала реки. Действующая система водоснабжения города эксплуатируется более 20 лет. Водозaborные и водоочистные сооружения (ВОС) г. Сланцы работают с одним резервуа-

ром чистой воды емкостью 6,0 тыс. м<sup>3</sup>/сут, что рассматривается как ограничивающее условие по фактору устойчивого водоснабжения города и обеспечения эффективной очистки вод по ряду ингредиентов (СПАВ, соли тяжелых металлов, радионуклиды, нефтепродукты). Поэтому при прочих равных условиях, для действующих ВОС необходим комплекс глубокой доочистки питьевой воды и обработки осадка промывных вод. В изложенных условиях перспективным является вариант использования подземных вод бывшей шахты им. С.М. Кирова после их очистки для хозяйственно-питьевого водоснабжения г. Сланцы.

По программе производственного контроля, разработанной ФГУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Ленинградской области», Центром комплексного экологического мониторинга был организован систематический контроль качества шахтных вод. По результатам исследований было установлено, что по большинству показателей (за исключением бария, бериллия, кадмия и фенолов) вода соответствует СанПиН 2.1.4.559–96 «Питьевая вода», а значит существует возможность ее использования после соответствующей очистки для хозяйствственно-питьевых нужд города. Результаты химического анализа шахтных вод ликвидируемой шахты им. С.М. Кирова представлены в табл. 2.

С учетом результатов анализов воды заданием на разработку рабочего проекта было предусмотрено строительство очистных сооружений хозяйственно-питьевого водоснабжения г. Сланцы на базе водоотливного комплекса ликвидируемой шахты им С.М. Кирова производительностью 24 тыс. м<sup>3</sup>/сут. с сорбционной технологией очистки шахтных вод фильтрованием через адсорбенты на

основе природных глин - активированный алюмосиликатный адсорбент (ААА).

Таблица 2

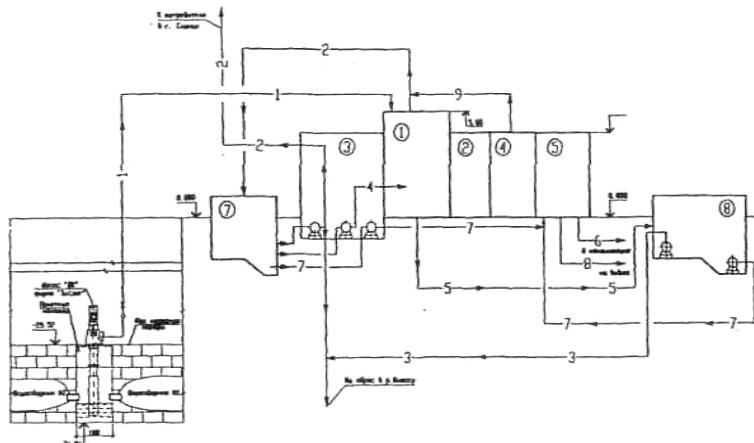
**Химический анализ шахтных вод ликвидируемой шахты им. С.М. Кирова**

№ п/п	Наимено-вание загрязнений	Содержание в мг/л	
		Исходная вода	СанПиН 2.1.4.55 9-96
1	Взвешенные вещества	6,86	15,00
2	Барий	1,275	0,1
3	Бериллий	0,00023	0,0002
4	Кадмий	0,0197	0,001
5	Марганец	0,028	0,1
6	Медь	0,0519	1,0
7	Никель	0,06	0,1
8	Стронций	0,41	7,0
9	Хром	0,0057	0,05
10	Цинк	0,0873	5,0
11	Азот нитратов	0,25	45,0

12	Сульфаты	93,50	500,0
13	Хлориды	32,00	350,0
14	Фенолы	0,0062	0,001

По принятой технологии сорбционной очистки шахтных вод проектируемые очистные сооружения включили: блок фильтров; узел приготовления и хранения регенерационного раствора (реагентное хозяйство); электролизную установку; насосную станцию второго подъема; цех механического обезвоживания осадка; резервуары чистой воды с камерами фильтрами-поглотителями; резервуар-отстойник грязной промывной воды. Технологическая схема водоотливного комплекса и очистных сооружений вод шахты им. Кирова производительностью 24,1 тыс. м<sup>3</sup>/сут. представлена на рис. 1.

По результатам реализации решения и в ходе технических испытаний установлено, что по многим показателям (органолептические, бактериоло-



**Рис. 1. Технологическая схема водоотливного комплекса и водопроводных очистных сооружений шахтных вод шахты им. Кирова:** 1 – фильтровальный зал; 2 – садовое хозяйство; 3 – насосная станция; 4 – электролизная; 5 – цех механического обезвоживания; 7 – резервуар чистой воды, 2 шт.;  $V = 6000 \text{ м}^3$  каждый; 8 – резервуар промывной воды, 1 шт.,  $V = 700 \text{ м}^3$ . Условные обозначения трубопроводов: 1 – шахтная вода; 2 – очищенная вода после фильтров; 3 – осветленная вода из резервуара промывания воды; 4 – чистая вода для промывки фильтров; 5 – грязная вода после промывки фильтров; 6 – фугат после установки обезвоживания осадка; 7 – осадок на установку обезвоживания; 8 – осадок на вывоз; 9 – раствор гипохлорита натрия

гические свойства, содержание фенола) шахтная вода имеет преимущества перед используемой в настоящее время в г. Сланцы водой р. Плюссы.

Таблица 3

#### **Характеристика загрязнений шахтных вод до и после очистных сооружений**

№ п/п	Наименова- ние загряз- нений	Содержание в мг/л	
		Исходная вода	Очищенная вода
1	Взвешенные вещества	6,86	1,00
2	Барий	1,275	0,0001
3	Бериллий	0,00023	0,0001
4	Кадмий	0,0197	0,001
5	Марганец	0,028	–
6	Медь	0,0519	–
7	Никель	0,06	–
8	Стронций	0,41	0,10
9	Хром	0,0057	0,001
10	Цинк	0,0873	0,01
11	Азот нитратов	0,25	0,20
12	Сульфаты	93,50	93,50
13	Хлориды	32,00	32,00
14	Фенолы	0,0062	0,001

Характеристика загрязнений шахтных вод до и после ВОС представлена в табл. 3.

С целью обеспечения эпидемиологической надежности источника водоснабжения и водопроводных сооружений от загрязнений, составе комплекса водоочистных сооружений были организованы зоны санитарной охраны (ЗСО). Установлены три пояса: первый – строгого режима – включает территорию расположения водозаборов, площадок расположения всех водопроводных сооружений и водопроводящего канала. Его назначение – защита места водозабора и водозaborных сооружений от случайного или умышленного загрязнения и повреждения.

Таблица 4  
**Сравнительная характеристика очистки вод**

Параметры	Существую- щая система	Очистные сооружения
Износ	26 лет	–
Стоимость воды	7,54 руб/т	6,38 руб/т
Источник	поверхностный	подземный
Качество исходной воды	Неудовлетворительное по цветности, окисляемости, железу, марганцу, свинцу, фенолам, бактериологическим и паразитологическим показателям	Неудовлетворительное в основном барнию

Второй и третий, пояса ограничений – включают территорию, предназначенную для предупреждения загрязнения воды источников водоснабжения.

Санитарная охрана водоводов источника подземного водоснабжения обеспечивается санитарно-защитной полосой шириной 15 м по обе стороны водовода.

Для каждого из трех поясов, а также в пределах санитарно-защитной полосы, соответственно их назначению, предложен специальный комплекс мероприятий, направленный на предупреждение ухудшения качества воды.

Результаты сравнительного анализа, характеризующие показатели существующей системы водоснабжения и ВОС г. Сланцы представлены в табл. 4.

Эффективная реализация проекта и эксплуатация очистных сооруже-

ний хозяйствственно-питьевого водоснабжения г. Сланцы позволяет решить одновременно две задачи: защиту поверхностного водоисточника от загрязнения и повышение надежности хозяйствственно-питьевого водо-

снабжения города. И, что исключительно важно, создает базовую основу для реализации качественно нового подхода к использованию шахтных вод.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шадов В.М., Агалов А.Е., Каплунов Ю.В., Навитний А.М. Научно-технические разработки по охране водных ресурсов и очистке сточных вод в угольной промышленности: Обзор. – М., 2003. – 116 с.
2. Зайденварг В.Е., Навитний А.М., Семикобыла Я.Г.: Научные основы комплексного экологического мониторинга района закрываемых шахт. – М.: Росинформуголь, 2002. – 226 с.
3. Отчет «Центра комплексного экологического мониторинга», г. Сланцы. – 58 с.
4. Международный проект LIFE04 TCY/ROS/ 049 «План управления ресурсами подземных вод бассейна реки Нарва», г. Сланцы.
5. Материалы экологического аудита, 2007. – 20 с.
6. Навитний А.М. О ликвидации вредного влияния подземных шахтных вод на гидросферу земной поверхности», Сообщение на Международном конгрессе по горному делу и оздоровлению окружающей среды, Берлин, 2005. – 9 с. ГИАБ

#### Коротко об авторах

Гусев Н.Н. – Московский государственный горный университет, Moscow State Mining University, Russia, ud@msmu.ru

Каплунов Ю.В. – Государственное учреждение по реорганизации и ликвидации нерентабельных шахт и разрезов (ГУ ГУРШ), bna@gursh.ru

Подсевалов А.Н. – ООО «Центрказэнергомонтаж», скем@energo.kz



#### ДИССЕРТАЦИИ

#### ТЕКУЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ О ЗАЩИТАХ ДИССЕРТАЦИЙ ПО ГОРНОМУ ДЕЛУ И СМЕЖНЫМ ВОПРОСАМ

Автор	Название работы	Специальность	Ученая степень
<b>МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ИНСТИТУТ СТАЛИ И СПЛАВОВ</b>			
ТУРОБОВА	Изучение закономерностей и разработка метода расчета расслоения ми-	25.00.13	к.т.н.

Ольга Николаевна	неральных частиц по плотности в стесненных условиях при гравитаци- онном обогащении		
---------------------	---	--	--