

Разработанные сгораемые материалы используются и в других технологиях обработки призабойной зоны, а также в ремонтно-изоляционных и ремонтно-аварийных работах, направленных на восстановление или повышение производительности скважин.

### Библиографический список

1. Садыков И.Ф., Иванов В.Г., Фаткуллин А.Х. Химический прогреватель пласта типа ППХ. / Нефтепромысловое дело, Москва, 1976. — №12, — С. 18–20.
2. Садыков И.Ф., Иванов В.Г., Архипов В.Г. Экспериментально-расчетное обоснование воспламенения битумного пласта химическим подогревателем типа ППХ-1. / Всесоюзная конференция по проблемам комплексного освоения природных битумов и высоковязких нефтей. Тезисы докладов, Казань, 3-7 июня 1991. — С. 100–101.
3. Садыков И.Ф., Иванов В.Г., Фаткуллин А.Х. Результаты теплового воздействия на пласты с помощью забойных химических прогревателей автономного действия. / Нефтепромысловое дело, Москва, 1977. — №4. — С. 20–21.

© Садыков И.Ф., Праздникова Т.Н., Кавунов К.В., 2001

УДК 622.852.2: 546.212 (477.62)

ШЕВЧЕНКО О.А. (ДонНТУ)

## ОЦЕНКА ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ШАХТНЫХ ВОД ДОНЕЦКОЙ ОБЛАСТИ С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ИХ ОТРИЦАТЕЛЬНОГО ВЛИЯНИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

*В статье проведена оценка макро- и микрокомпонентного состава шахтных вод Донецкой области с точки зрения отрицательного воздействия их на окружающую среду. Проанализированы содержания химических элементов I, II и III классов опасности в шахтных водах области.*

Донецкая область — один из крупнейших углепромышленных регионов Украины, в котором ежегодно добывается более 70 млн.т угля. Особенностью угольной промышленности является то, что она выдает на поверхность значительные объемы шахтной и карьерной воды. Из-за сильной обводненности шахтами Украины из горных выработок ежегодно откачивается 850–960 млн.м<sup>3</sup> шахтных вод [1], из которых на долю Донецкой области приходится более 30%. И хотя эти воды загрязнены и большая часть из них имеет высокую минерализацию, при соответствующей водоподготовке они могут использоваться в различных целях — для технического водоснабжения, для полива сельскохозяйственных угодий, а также в качестве гидроминерального сырья. Однако в настоящее время используется лишь 13–15% извлекаемых вод, а остальные сбрасываются в пруды-отстойники, реки и другие водоемы. Извлечение угля из недр в неумеренных количествах и с помощью несовершенных технологий во многих случаях провоцирует обратимые и необратимые изменения геологической среды и экологически дестабилизирует целые регионы [1].

Подобная ситуация наблюдается и в Донецкой области. Суммарный приток воды в шахты области составляет около 1 млн.м<sup>3</sup>/сут. В гидрографическую сеть ежедневно сбрасывается около 870 тыс.м<sup>3</sup> воды, из них только 13% используется для технических и других целей.

Химический состав шахтных вод Донецкой области весьма разнообразен, поскольку шахтами вскрываются различные водоносные горизонты, охватывающие

практически все возможные химические типы подземных вод. Отличаются шахтные воды от подземных вод аналогичных глубин более высокой минерализацией, в основном, за счет сульфат- и хлор-ионов, ионов кальция и магния, и содержанием не свойственных для подземных вод компонентов - железа, алюминия. Иногда, в погашенных горных выработках шахт, встречаются кислые шахтные воды, что также не свойственно для подземных вод региона. В кислых шахтных водах, наряду с увеличением сульфатов наблюдается заметное уменьшение гидрокарбонатов. Химический состав шахтных вод формируется в зависимости от глубины ведения горных работ и состава поступающих подземных вод, причем химический состав подземных вод является определяющим для шахтных вод, особенно на больших глубинах. В горные выработки на глубоких горизонтах попадают чаще всего высокоминерализованные хлоридные натриевые воды, слабо поддающиеся метаморфическим изменениям в окислительной обстановке шахты. Поэтому химический состав шахтных вод на больших глубинах практически не отличается от химического состава подземных вод на тех же глубинах.

В целом же в шахтных водах, как и в подземных, с увеличением глубины происходит уменьшение содержания ионов кальция, магния, гидрокарбонатов, сульфатов и увеличение содержания ионов натрия и хлора, а также минерализации.

Для Донецкой области характерными являются высокоминерализованные шахтные воды. Так, только 3 шахты области сбрасывают воды с минерализацией до 1 г/л и 5 шахт — менее 1,5 г/л, в водах остальных шахт минерализация превышает предельно допустимые нормы. В общем случае, минерализация общешахтных вод, т.е. вод, сбрасываемых в гидрографическую сеть, находится в прямой зависимости от глубины ведения очистных работ, а также от количества воды, поступающей в шахту из верхних горизонтов. С увеличением глубин отработки минерализация шахтных вод глубоких горизонтов увеличивается. Самая высокая минерализация в регионе (31,0 г/л) зафиксирована в водах шахты «Красноармейская-Западная» № 1 Красноармейского района, ведущей отработку угольных пластов на глубоких горизонтах.

По химическому составу шахтные воды, сбрасываемые в гидрографическую сеть, преимущественно сульфатно-хлоридные натриево-кальциевые (магниевые) в Красноармейском и Донецко-Макеевском районах, сульфатно-гидрокарбонатные натриевые в Торезско-Снежнянском районе, сульфатные натриево-магниевые (кальциевые) в Центральном районе.

При этом 82 % шахт области сбрасывают в гидрографическую сеть 711000–716000 м<sup>3</sup>/сут воды с содержанием сульфатов, превышающим ПДК. Повышенные содержания сульфат-иона характерны для шахтных вод Торезско-Снежнянского, Красноармейского, Центрального и Донецко-Макеевского районов. Наиболее высокие концентрации отмечены в главных водосборниках шахт: № 12 бис Центрального района (3878,6 мг/л) и им.газеты «Правда» Донецко-Макеевского района (2776 мг/л) при ПДК 500 мг/л.

Весьма опасным для окружающей среды является очень высокое содержание в сбрасываемых водах хлор-иона, поскольку с повышенным его содержанием связывается распространенность сердечно-сосудистых заболеваний, в том числе гипертонической болезни [2]. По отдельным пробам содержание хлор-иона превышает ПДК в 50 и более раз (табл. 1), так, в водах шахты «Красноармейская-Западная» № 1 содержание хлор-иона достигало 18400 мг/л. 38 % шахт области (Красноармейский, Южно-Донбасский и Донецко-Макеевский районы) сбрасывают 344980 м<sup>3</sup>/сут воды с концентрацией хлор-иона, превышающей ПДК.

**Таблица.** Сводная таблица максимальных и фоновых содержаний химических элементов в шахтных водах Донецкой области (в мг/л).

Элемент	ПДК	Рыбохозяйственные	Максимальные/ средние содержания	Общее кол-во определений/ с содержанием >0 мг/л (2) встречаемость
Макрокомпоненты шахтных вод				
Cl <sup>-</sup>	350		18400/ 1580	394/ 394 (100)
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	500		3986,6/ 966	394/ 394 (100)
Fe <sup>2+</sup>	0,3		9,1/ 0,21	394/ 394 (100)
Al	0,5		16,5/ 4,21	394/ 7 (2)
Элементы I класса опасности				
Zn	5,0	0,01	0,92/ 0,09	355/ 292 (82)
Be	0,0002		0,04/ 0,01	314/ 17 (5)
F	1,5		3,4/ 0,6	336/ 273 (81)
Pb	0,03	0,1	0,105/ 0,006	314/ 231 (74)
As	0,05	0,05	0,015/ 0,002	314/ 125 (40)
Элементы II класса опасности				
Cu	1,0	0,01	0,92/ 0,036	314/ 314 (100)
Br	0,2		60,5/ 2,62	357/ 267 (75)
B	0,5		10,57/ 0,46	376/ 328 (87)
Li	0,03		24,3/ 0,132	265/ 226 (82)
Ni	0,1	0,1	0,49/ 0,01	322/ 202 (63)
Co	0,1	0,01	0,12/ 0,025	314/ 47 (15)
Mo	0,25		0,56/ 0,01	314/ 175 (55)
Nb	0,01		0,05/ 0,028	314/ 10 (0,3)
Bi	0,1		0,0049/ 0,004	314/ 136 (43)
Cr	0,5		0,271/ 0,012	285/ 120 (42)
Элементы III класса опасности				
Ba	0,1		466,2/ 5,99	314/ 209 (67)
Mn	0,1		11,0/ 0,311	303/ 211 (70)
Ti	0,1		13,56/ 0,147	314/ 284 (90)
Sr	2,0		303/ 2,61	304/ 200 (66)
V	0,1		0,36/ 0,013	314/ 250 (88)

По уровню pH сбрасываемые воды большинства шахт области удовлетворяют нормам (6,5–8,5). Лишь 11% шахт сбрасывают 80280 м<sup>3</sup>/сут воды с pH не соответствующим нормам. При этом только 4 шахты, ведущие отработку на малых глубинах (до 300 м), характеризуются кислыми шахтными водами с величиной pH 3,4–5,7. Установлено, что кислые шахтные воды формируются в старых погашенных горных выработках, главным образом на верхних горизонтах, чему способствует большой путь протекания воды по горным выработкам (протяженность 5 и более километров) и наличие участков застаивания воды в выработанном пространстве шахты. По остальным шахтам зафиксированы щелочные (pH>8,5) воды, более характерные для подземных вод региона.

Для шахтных вод области характерно, как уже упоминалось, повышенное содержание несвойственных для подземных вод компонентов — железа и алюминия.

Железо в шахтных водах встречается повсеместно (встречаемость 100 %) (таблица). Максимальным содержанием Fe<sup>2+</sup> (9,1 мг/л) характеризуются шахтные воды шх.им.Румянцева Центрального района. Всего в гидрографическую сеть области ежедневно сбрасывается 94036 м<sup>3</sup> воды с содержанием ионов железа, превышающим ПДК (0,3 мг/л).

Алюминий встречен преимущественно в кислых шахтных водах. Содержания алюминия превышают ПДК в 4 пробах воды, достигая максимального содержания 16,5 мг/л (ш. «Речная»). В водах центральных водосборников алюминий отсутствует.

Особую тревогу вызывает то обстоятельство, что не смотря на проводимые на шахтах области наблюдения за макрокомпонентным составом сбрасываемых вод, исследованию микрокомпонентов шахтных вод и их воздействия на окружающую среду достаточного внимания явно не уделяется. Тем временем, в шахтных водах области в содержаниях, превышающих ПДК подчас в десятки и даже сотни раз, встречаются весьма токсичные микроэлементы. По степени отрицательного воздействия на окружающую среду выделяются химические элементы I, II и III классов опасности.

Из элементов I класса опасности в концентрациях, превышающих предельно допустимые, в шахтных водах Донецкой области выявлены: бериллий, фтор, свинец. Не обнаружены: ртуть, селен, таллий, фосфор и кадмий. Содержание мышьяка составляет 0,006-0,015 мг/л, что в 5-10 раз меньше ПДК.

**Цинк** встречается в шахтных водах довольно часто — в 82 %, однако его содержание не превышает 0,92 мг/л (шахта «Донецкая» Торезско-Снежнянского района). Цинк является очень токсичным элементом — он представляет мутагенную, онкогенную опасность, а также обладает гонадотоксическим действием [3]. Лимитирующей нормы — 1,0 мг/л — для хозяйственно-питьевого водоснабжения содержание цинка в шахтных водах не достигает, однако в большинстве случаев (69 % шахт) превышает нормы для вод рыбохозяйственного назначения (0,01 мг/л). Всего в гидрографическую сеть ежесуточно сбрасывается 588384 м<sup>3</sup> воды вредной по содержанию цинка для рыбохозяйственных целей, из них в Азовское море — 423672 м<sup>3</sup>.

Одним из наиболее токсичных микроэлементов является **бериллий**, вызывающий ослабление костной ткани — «бериллиевый рахит» [2]. В шахтных водах области бериллий встречается редко, однако в очень высоких концентрациях, превышающих ПДК подчас в 200 раз (шахта им.Стаханова Красноармейского района — 0,04 мг/л). В 12 шахтах Донецкой области зафиксированы превышающие ПДК содержания бериллия.

Содержания **фтора** в шахтных водах области, не смотря на его высокую (81%) встречаемость, лишь в 5 % проб превысили ПДК. Концентрации фтора свыше 1,5 мг/л вызывают развитие флюороза и ряда других заболеваний. Максимальное содержание фтора (3,4 мг/л) выявлено в водах шахты № 42 Красноармейского района.

**Свинец**, содержания которого в шахтных водах области почти повсеместно превышают ПДК, также является весьма токсичным. При свинцовом отравлении наблюдается поражение центральной нервной системы, патологические изменения в крови, заболевания желудочно-кишечного тракта, нарушение функции почек [3]. Максимальные содержания (0,105 мг/л) встречены в водах шахты им.Бажанова Донецко-Макеевского района.

Из элементов II класса опасности в концентрациях, превышающих предельно допустимые, в шахтных водах Донецкой области обнаружены: бром, бор, литий, никель, кобальт, молибден, сурьма и ниобий.

Хром шестивалентный не обнаружен, содержание хрома трехвалентного не превышает 0,027 мг/л (при ПДК 0,5 мг/л); висмут находится в содержаниях на 2-3 порядка ниже ПДК.

**Медь** по данным спектральных анализов в шахтных водах встречается очень часто (встречаемость 100%), содержания достигают 0,92 мг/л (шахта им.РККА Красноармейского района) при ПДК 1,0 мг/л. Медь относится к группе высокотоксичных

металлов, способных вызвать острое отравление и обладающих широким спектром токсического действия. Содержание меди во всех пробах воды более 0,01 мг/л, т.е. превышает ПДК для вод рыбохозяйственного назначения. Таким образом, в гидрографическую сеть области ежедневно сбрасывается 843936 м<sup>3</sup> воды вредной по содержанию меди для рыбохозяйственных целей, из них в Азовское море — 573504 м<sup>3</sup>.

**Бром** является довольно распространенным элементом шахтных вод района. При этом содержания, превышающие ПДК, установлены в 77 % проб. Наиболее высокие содержания брома характерны для шахтных вод Красноармейского района: им.Стаханова — до 60,5 мг/л; им.РККА — 54,3 мг/л; «Краснолиманская» — 52,7 мг/л. Высокое содержание брома в водах вызывает торможение периферической нервной системы [2].

Не смотря на то, что **бор** является более характерным (встречаемость 87%) элементом шахтных вод области, чем бром, в содержаниях, превышающих ПДК, он выявлен в 20% проб. Максимальная его концентрация (10,57 мг/л) зафиксирована в водах шахты «Красноармейская-Западная» № 1. Наличие повышенных содержаний бора в воде вызывает понижение кислотности желудочного сока и ряд других нарушений в организме человека [3].

Высокие концентрации **лития** в шахтных водах области вызывают особую озабоченность в связи с тем, что литий способен поражать желудочно-кишечный тракт, почки и центральную нервную систему, кроме того, он проникает через плацентарный барьер и накапливается в ткани эмбриона [3]. Необходимо обратить внимание на то, что при высокой встречаемости (82%) литий практически во всех пробах обнаружен в содержаниях, превышающих ПДК в десятки и сотни раз, достигая 810 ПДК (шх.им.Стаханова).

**Никель** в шахтных водах области встречается часто, однако содержания не превышают 0,49 мг/л (шх.им.Стаханова). Лимитирующих норм для вод хозяйственно-питьевого назначения содержание никеля достигает в водах 5 шахт области. Никель является канцерогеном и способен накапливаться в организме.

**Кобальт** редко встречается в шахтных водах области (встречаемость 15%), в водах всего двух шахт «Контарная» (0,1–0,12 мг/л) и «Новодонецкая» (0,12 мг/л) его содержание превышает ПДК.

В одиночных пробах отмечено также превышение ПДК сурьмы (ПДК 0,05 мг/л) — «Лидиевка» (0,116 мг/л); а также молибдена (ПДК 0,25 мг/л) — им.Горького (0,56 мг/л).

Из элементов III класса опасности в содержаниях, превышающих ПДК, в шахтных водах Донецкой области выявлены: барий, марганец, стронций, титан, ванадий. Вольфрам обнаружен в содержаниях на 2–3 порядка ниже ПДК. Особое внимание следует обратить на тот факт, что даже средние содержания большинства элементов III класса опасности (бария, марганца, стронция, титана) значительно превышают предельно допустимые.

**Барий** встречается в шахтных водах области довольно часто, причем практически повсеместно его содержания превышают предельно допустимые, достигая 4662 ПДК (шх.им.Стаханова). Повышенные содержания бария могут вызывать патологические реакции и оказывать вредное влияние на развитие организмов.

Встречаемость **марганца**, негативно воздействующего на центральную нервную систему, в шахтных водах области достаточно высокая — 70%, содержания его также значительные, во много раз превышающие предельно допустимые. Наиболее высокие содержания характерны для Красноармейского и Торезско-Снежнянского

районов. Максимальное содержание — 11,0 мг/л встречено в водах шахт «Водянская» и им. XXI съезда КПСС.

**Титан** обнаружен в большинстве проб шахтных вод (встречаемость 90%). Максимальные содержания встречены в водах шахт Красноармейского района: «Горняк» — 13,56 мг/л, им. Стаханова — 12,47 мг/л, им. Шевченко — 6,9 мг/л. Помимо токсического воздействия на организм человека, титан обладает способностью проникать через плацентарный барьер, накапливаясь в ткани эмбриона [3]

**Ванадий** встречается в шахтных водах также часто, как и титан (88%), однако встречаемость его в концентрациях, превышающих ПДК (0,1 мг/л), значительно меньше — всего 1%. Только в 4 пробах воды шахт им. Стаханова (0,101–0,12 мг/л) и «Горняк» (0,27 мг/л) в Красноармейском районе, и № 8 (0,36 мг/л) в Донецко-Макеевском районе содержание ванадия превысило ПДК. Ванадий вызывает изменения в кровообращении, нервной системе, обмене веществ [3].

**Стронций** является характерным элементом шахтных вод Донецкой области. Высокие фоновые его значения в регионе представляют опасность в связи со способностью стронция заменять кальций костей, вызывая «стронциевый рахит» (уровневую болезнь). Наиболее высокие содержания стронция характерны для вод шахт Красноармейского района (в мг/л): им. Стаханова — 10,8–303,0; им. РККА — 92,2; «Красноармейская-Западная» № 1 — 15,5; «Краснолиманская» — 10,0–12,8.

Из вышеизложенного следует, что шахтные воды, сбрасываемые в гидрографическую сеть Донецкой области, по минерализации, величине рН, содержанию  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$  оказывают отрицательное влияние на окружающую среду. Кроме того, в шахтных водах Донецкой области в содержаниях, превышающих ПДК, встречены микроэлементы: I класса опасности — бериллий, фтор, свинец; II класса опасности — бор, бром, литий, никель, кобальт, молибден, сурьма и ниобий; III класса опасности — барий, марганец, стронций, титан, ванадий. Согласно «Правилам охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами» сброс их в гидрографическую сеть осуществляться не должен.

Таким образом, можно сделать вывод, что шахтные воды являются одним из основных источников загрязнения поверхностных и подземных вод Донецкой области опасными для здоровья человека химическими элементами и соединениями, что требует принятия безотлагательных мер по очистке и рациональному использованию сбрасываемых в гидрографическую сеть шахтных вод.

### Библиографический список

1. Кононенко Н.А. Проблемы экологии при реструктуризации угольной промышленности Украины. — Киев, 1999. — 41 с.
2. Лукашев К.И. Геохимическое поведение элементов в гипергенном цикле миграции. — Минск: Наука и техника, 1964. — 463 с.
3. Вредные химические вещества. Неорганические соединения элементов I–IV групп: Справочное издание/ Под ред. Филова В.А. — Л.: Химия, 1988. — 512 с.

© Шевченко О.А., 2001