

УДК 504.5:628.33

## **О НЕОБХОДИМОСТИ КОМПЛЕКСНОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД УГЛЕДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ КУЗБАССА В ТЕХНОГЕННЫХ ПОРОДНЫХ МАССИВАХ**

Макридин Е.В., аспирант кафедры открытых горных работ

Лесин Ю.В., профессор кафедры маркшейдерского дела и геологии, д.т.н.

Гоголин В.А., профессор кафедры математики, д.т.н.

Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева  
г. Кемерово

В связи с постоянным ростом объемов угледобычи в Кузбассе возрастает и негативное воздействие на водную среду за счет роста объемов сбрасываемых вод горнодобывающих предприятий. Это воздействие, в первую очередь, заключается в химическом загрязнении поверхностных вод гидросферы солями тяжелых металлов, органическими веществами (нефтепродуктами), а также частицами угля и вмещающих пород.

Суммарные значения объемов загрязняющих веществ в сбрасываемых сточных водах хозяйствующих субъектов РФ с 1995 г. по 2016 г. (по данным Минприроды [1]) приведены в таблице.

Динамика показателей количества случаев экстремально высокого загрязнения (ЭВЗ) и высокого загрязнения (ВЗ) поверхностных вод РФ за период с 2007 г. по 2017 г. (рис. 1) демонстрирует относительно ровный восходящий тренд без ярко выраженных годовых колебаний значений общего количества случаев ЭВЗ и ВЗ.

При этом в общем случае под ЭВЗ понимается уровень загрязнения, превышающий ПДК для веществ 1 и 2 классов опасности в 5 и более раз, для веществ 3 и 4 классов – в 50 и более раз; под ВЗ – уровень загрязнения, превышающий ПДК для веществ 1 и 2 классов опасности в 3-5 раз, для

веществ 3 и 4 классов – в 10-50 раз, а для фенолов, нефтепродуктов, ионов меди, марганца и железа – в 30-50 раз.

Ряд многолетних значений рассматриваемых показателей условно делится на два периода: (а) равномерного роста числа случаев ЭВЗ и ВЗ с 2007 г. по 2009 г. и (б) синусоидального колебания числа случаев ЭВЗ и ВЗ с периодом 3-4 года с 2009 г. по 2017 г. При этом последние три года являют собой нисходящую ветвь установившегося тренда (рис. 2).

Таблица. Суммарные значения объемов загрязняющих веществ

Загрязняющее вещество	1995 г.	2000 г.	2005 г.	2010 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2016 г. в % к 1995 г.
Сухой остаток, тыс. т	23575,1	11956,1	10180,1	9479,6	6630	7707,6	6993,9	30
Хлориды (Cl <sup>-</sup> ), тыс. т	8561,4	7258,1	6657,29	5662,45	6705,58	5570,24	5656,11	66
Железо (Fe <sup>2+</sup> , Fe <sup>3+</sup> ) (все растворимые в воде формы), т	27726,3	8233	5612,78	6482,81	2975,09	2560,48	2383,27	8,6
Сульфат-анион (сульфаты) (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ), тыс. т	3657,9	2718,4	2218,15	1915,4	1760,73	1855,43	1962,8	54
Нитрат-анион (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ), тыс. т	179,63	208,45	374,69	366,43	424,61	421,18	423,79	в 2,4 раза больше
Кальций (Ca <sup>2+</sup> ), т	...	...	389210	215610,3	377019,5	336823	466814	...
Натрий (Na <sup>+</sup> ), т	...	...	207,26	304,15	352,62	401,9	414,02	...
ХПК, т	...	...	2279690	309882	323266	316606	309072	...
Взвешенные вещества, т	701280	554700	359410	275725	200330	190366	191551	27
БПК полный, т	509130	384530	304260	198219	...	148131	148962	29
Бор (по B <sup>3+</sup> ), кг	...	...	327330	106163	101430	99203	107145	...
Азот аммонийный, т	215098	84493,4	68988,9	297218,1	104822,6	67769,4	65771,4	31
Фосфаты (по P), т	...	...	...	228257,5	26018,9	23569,4	17584,1	...
Магний (Mg) (все растворимые в воде формы), т	...	...	29357	37440,9	35293,8	35576,8	35140,4	...
Калий (K <sup>+</sup> ), т	...	...	71510	30126,4	53850,6	64861,2	69098,5	...
Азот общий, т	57616,1	41286,2	34475,9	36452,8	27745,2	25496,1	35619	62
Лигнин сульфатный, т	...	...	23240	11945,7	11395,4	10554,2	10003,6	...
Нитрит-анион (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ), т	...	...	7696,5	6537,8	6678,3	6047,5	6515,3	...
Лингосульфат аммония, т	...	...	3070	7864,1	3189,8	3181,9	3392,3	...
Мочевина (карбамид), т	...	...	...	4318,7	4965	5537,8	4950,8	...
Жиры/масла (природного происхождения), т	25090,5	15239,4	8079,9	4098,9	2168,9	2050	2147	9
Фтор (F <sup>-</sup> ), т	...	...	2622,9	2505,6	2409,7	2206,2	2011,9	...
Нефть и нефтепродукты*, т	11880	5640	3650	2638,7	2044,4	2023,7	1918,8	16
ОП-10, СПАВ, смесь моно- и диалкилфеноловых эфиров полиэтиленгликоля, т	...	...	...	1841,9	1359,8	1390,5	1633,6	...
Бензол, кг	3940	...	40	761,5	84,24	91,59	40,45	1,0
Фенол, кг	85930	66590	42910	27991	17652	16110	18228	21
Формальдегид, кг	...	...	188900	105760,3	82180,2	82316,8	82922,4	...
Никель (Ni <sup>2+</sup> ), кг	285980	...	86880	37364,2	30940,7	28159,6	28339,3	10
Марганец (Mn <sup>2+</sup> ), кг	...	...	290190	525309	375690	327323	323668	...
Медь (Cu <sup>2+</sup> ), кг	631290	290410	82900	73876	51114	48173	32385	5
Цинк (Zn <sup>2+</sup> ), кг	877560	710000	442670	588679	404136	411080	365317	42
Свинец (Pb) (все растворимые в воде формы), кг	50470	34930	14770	8969	7608	5695	5102	10
Ртуть (Hg <sup>2+</sup> ), кг	576	186	134	18,94	9,46	8,98	9,95	1,7
Хром (Cr <sup>3+</sup> ), кг	205100	...	34130	24849	11732	13088	13577	7
Алюминий (Al <sup>3+</sup> ), т	7702,4	...	2184,1	979,51	516,76	488,86	534,97	7
Ванадий (V), кг	31380	...	4530	6801	3541	3437	2791	9

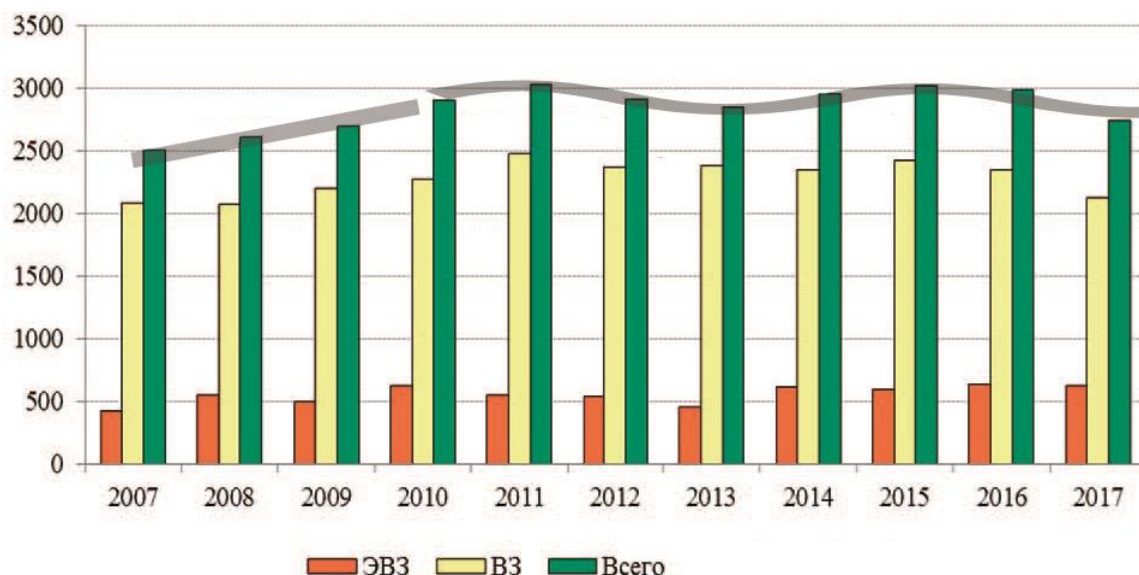


Рис. 1. Динамика числа случаев загрязнения поверхностных вод в РФ в период 2007-2017 гг.

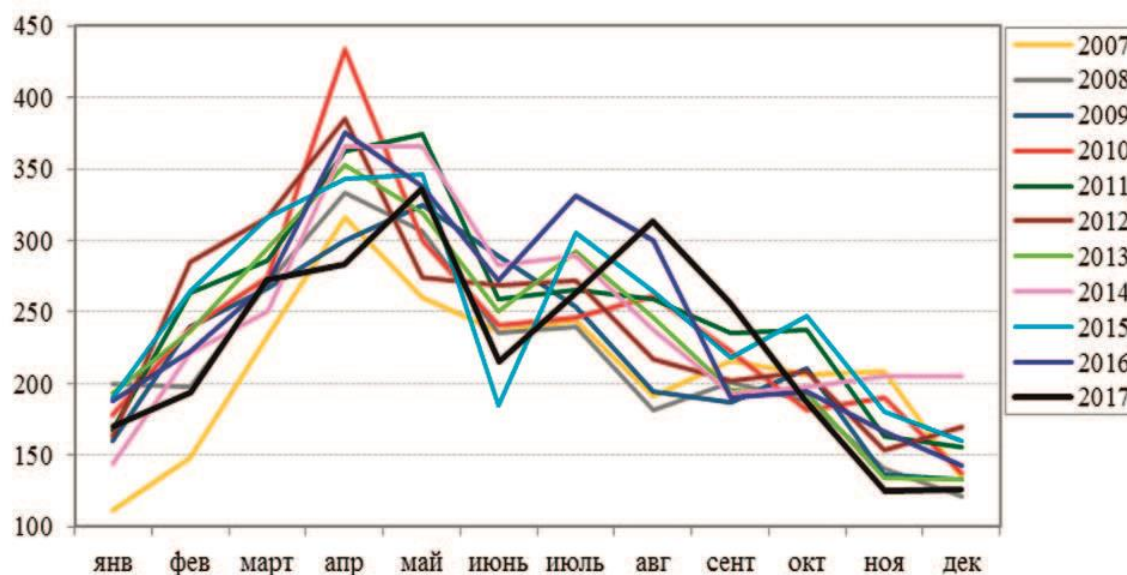


Рис. 2. Внутригодовое распределение числа случаев ВЗ и ЭВЗ поверхностных вод

Анализ помесечного распределения количества случаев ВЗ и ЭВЗ за период с 2007 г. по 2017 г. показывает, что их максимальные значения приходятся на апрель и май (рис. 2), что объясняется весенним половодьем. Также локальный максимум ВЗ-ЭВЗ наблюдается в июле, что связано с уменьшением поверхностного стока за счет относительно небольшого объема атмосферных осадков и, как следствие, относительного увеличения

концентрации загрязняющих веществ. Полученные данные подтверждаются более ранними исследованиями [15].

Следует подчеркнуть, что особая опасность связана с химическим загрязнением гидросферы, которая является весьма подвижной средой, в которой загрязняющие вещества способны распространяться на большие расстояния.

Поскольку отстаивание применимо в основном для улавливания частиц размерами более 100 мкм и не подходит для очистки вод от тонкодисперсных взвесей и растворенных веществ, то при очистке карьерных вод зачастую применяется последовательная очистка, зачастую включающая в себя такие способы как:

- механическая очистка от грубодисперсных частиц отстаиванием в первичных отстойниках;
- коагулирование мелкодисперсных частиц и растворов, содержащихся в воде после первой стадии;
- фильтрование предварительно очищенных вод через искусственные фильтрующие массивы-дамбы;
- окончательное отстаивание и сброс в ближайшие поверхностные водоемы.

Наиболее широкое применение при первичной очистке карьерных вод нашли методы механической очистки от грубодисперсных частиц, т.е. осветление в гравитационном поле или отстаивание, а также метод фильтрования в ИФМ.

Отстаивание воды производится в прудах-осветлителях и отстойниках – горизонтальных, наклонных, радиальных, вертикальных и других. Наиболее широкое распространение получили пруды-осветлители и горизонтальные отстойники. Использование их в качестве самостоятельных очистных сооружений в большинстве случаев не обеспечивает получение нормативно очищенной воды. Эффект очистки для горизонтальных отстойников составляет 9-88%, а для прудов-отстойников – 16-92%.

Фильтрация предварительно очищенных в отстойниках вод через ИФМ приводит к дополнительной очистке сточных вод. При этом задействуется, в основном, два процесса: коагуляция и адсорбция.

Первый процесс позволяет механически задерживать в порах между кусками загрузки ИФМ частицы взвесей, движущиеся вместе с водным потоком через данную загрузку.

Второй процесс задействуется по большей части для истинных или коллоидных растворов веществ, вызывая их адсорбцию на поверхности кусков ИФМ.

Изучению природных сорбентов посвящено значительное число трудов [2-8], адсорбционными процессам, характерным для поверхностей раздела фаз, посвящены работы [9-14] и др. Естественными природными сорбентами для эффективной очистки промышленных сточных вод от растворенных и весьма мелкодисперсных (коллоидных) механических частиц могут выступать вмещающие горные породы разрабатываемого месторождения, обладающие достаточно высокой удельной поверхностью. Для условий Кузбасса это могут быть сильнотрещиноватые выветрелые песчаники и алевролиты (в т.ч. их углистые разности), разубоженный вмещающими породами до некондиционного состояния уголь. Очень высокие показатели фильтрации дают так называемые горельники – горелые породы.

Изложенное выше позволяет сделать вывод о том, что с учетом современных требований к качеству очищаемой воды необходима разработка технологии комплексной очистки карьерных сточных вод, обеспечивающая очистку до норм сброса. Кроме того, такая технология должна быть низкзатратной для обеспечения ее повсеместного применения.

#### Список использованной литературы

1. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2017 году». – Электронный ресурс: [http://www.mnr.gov.ru/docs/proekty\\_pravovykh\\_aktov/proekt\\_gosudarstvennogo](http://www.mnr.gov.ru/docs/proekty_pravovykh_aktov/proekt_gosudarstvennogo)

[doklada o sostoyanii i ob okhrane okruzhayushchey sredy v 2017 godu/](#) –

Загл. с экрана.

2. Овчаренко Ф.Д. Гидрофильность глин и глинистых минералов. – Киев: Издательство Академии Наук Украинской ССР, 1961. – 292 с.
3. Тарасевич Ю.И. Адсорбция на глинистых минералах. – Киев: Наукова думка, 1975. – 329 с.
4. Карнаухов А.П. Адсорбция. Текстура дисперсных и пористых материалов. – Новосибирск: Наука. – 1999. – 470 с.
5. Дистанов У.Г., Филько А.С. Нетрадиционные виды минерального сырья. – М.: Недра, 1990. – 261 с.
6. Климов Е.С., Бузаева М.В. Природные сорбенты и комплексоны в очистке сточных вод. – Ульяновск: УлГТУ, 2011. – 201 с.
7. Лыгина Т.З., Михайлова О.А., Харинов А.И., Конюхова Т.П. Технологии химической активации неорганических природных минеральных сорбентов. Монография. – Казань: Изд-во Казан. гос. технол. ун-та, 2009. – 120 с.
8. Смирнов А.Д. Сорбционная очистка воды. – Л.: «Химия», 1982. – 168 с.
9. Фролов Ю.Г. Курс коллоидной химии. Поверхностные явления и дисперсные системы. - М.: Химия, 1989. – 464 с.
10. Кельцев Н.В. Основы адсорбционной техники. – М.: Химия, 1984. – 592 с.
11. Грег С., Синг К. Адсорбция, удельная поверхность, пористость. – М.: Мир, 1984. – 310 с.
12. Адамсон А. Физическая химия поверхностей. – М.: Мир. 1979. – 568 с.
13. Оура К., Лифшиц В. Г., Саранин А. А. и др. Введение в физику поверхности / Под ред. В. И. Сергиенко. — М.: Наука, 2006. — 490 с.
14. Кускова, Я.В. Использование гравитационно-центробежных полей для повышения эффективности разделения мелких частиц гравитационным методом / Я.В. Кускова // Техника и технология горного дела. – 2018. – №3. – С. 29-41.

15.Лесин Ю.В. Очистка воды от взвесей в крупнокусковых породных массивах на шахтах и разрезах: Автореф. дис. ... д-ра техн. наук. – ИПКОН АН СССР, Москва, 1990. – 28 с.