

Из описанных методов очистки подземных вод от железа наиболее соответствует требованиям, предъявляемым к малым населенным пунктам, очистка на напорных скорых фильтрах. Однако для перелома двухвалентного железа в трехвалентное необходимо предусматривать аэрацию воды или окислительные методы (например,  $KMnO_4$ ). Несмотря на то, что реагентные методы являются универсальными и высокоэффективными, они дорогостоящие и требуют дополнительного технико-экономического обоснования. Поэтому более эффективно применить метод упрощенной аэрации с последующим фильтрованием. Однако эксплуатация таких установок показала, что песчаная загрузка фильтров является неэффективной для водоподготовки малых населенных пунктов и не снижает концентрацию железа до нормативных значений. Именно поэтому в качестве фильтрующей загрузки целесообразно применить инертные материалы, в частности уголь.

При равномерной и непрерывной подаче воды на фильтры результаты очистки воды данным методом положительные и обеспечивают норматив по железу. Однако при малом водопотреблении данный метод неэффективен, так как нарушается сам процесс упрощенной аэрации, прежде всего из-за неравномерного режима водопотребления, сложности подачи и контроля количества воздуха на напорных фильтрах. Нами предложено применить скорые фильтры с загрузкой из активированных углей для удаления железа без применения специальных аэрирующих устройств с использованием естественного его окисления при контакте воды с воздухом в водонапорной башне или сборном резервуаре.

Как показывает опыт, замена песчаной загрузки фильтра на угольную загрузку приводит к более высокому эффекту очистки подземных вод от соединений железа. Это обусловлено наличием значительной активной поверхности зерен частиц активного угля по сравнению с кварцевым песком, а также особенностью механизма взаимодействия этих частиц с гидрооксидом железа. Уголь не обладает полярностью, как песок, поэтому задержание железистых соединений на его поверхности происходит прежде всего за счет дисперсных сил межмолекулярного притяжения.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Станкевич, Р.А. Обезжелезивание подземных вод в водоносном пласте: предпосылки и методы / Р.А. Станкевич // Вода – 2001. – № 10. – С. 22–23.
2. Водная стратегия Республики Беларусь на период до 2020 года / М-во природных ресурсов и охраны окружающей среды Респ. Беларусь. – Минск, 2010. – 43 с.
3. Гуринович, А.Д. Питьевое водоснабжение из подземных источников: Проблемы и решения / А.Д. Гуринович. – Минск: Технопринт, 2001. – 304 с.
4. Ковалев, А.Я. Еще раз об обезжелезивании воды / А.Я. Ковалев // Вода – 2003. – № 9. – С. 8.
5. Николадзе, Г.И. Водоснабжение: учебник для вузов / Г.И. Николадзе, М.А. Сомов. – М.: Стройиздат, 1995. – 688 с.

УДК 628.161(476)

#### ДИНАМИКА ИЗМЕНЕНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ВОДЫ В РЕКЕ ЗАПАДНАЯ ДВИНА

*Т.М. МОНЯК*

*Приводятся результаты исследования динамики изменения концентраций физических показателей качества сырой воды, поступающей на фильтровальную станцию завода «Полимир» ОАО «Нафтан» с целью дальнейшей оптимизации работы фильтровальной станции.*

К факторам, ухудшающим качество воды в водисточнике, относятся: паводки, выпадение осадков в виде дождя и снега, попадание донных отложений и загрязняющих веществ с поверхностными и сточными водами, массовое развитие фитопланктона и его цветение.

Рассмотрим влияние некоторых факторов, ухудшающих качество воды в поверхностном водисточнике на примере воды, поступающей на фильтровальную станцию завода «Полимир» ОАО «Нафтан» (далее по тексту – завод «Полимир»). Забор воды для данной станции осуществляется из реки Западная Двина.

Гидрологические условия влияют на изменение физического состава воды в реке Западная Двина и во многом определяются её водным режимом. Поэтому наряду с динамикой изменения качества воды в реке необходимо рассмотреть и её водный режим.

Западная Двина принадлежит к типу равнинных рек с преобладанием снегового питания, большая часть годового стока (в среднем 50 %) приходится на период весеннего половодья. Грунтовый сток составляет 30 %, а сток дождевых паводков – около 20 % годового стока.

В годовом цикле водного режима реки Западная Двина выделяют несколько характерных периодов, называемых фазами водного режима. К ним относятся: весеннее половодье, летне-осенняя и зимняя межень.

Изменение расхода воды в реке Западная Двина за период 2004–2013 годов показано на рисунке 1.

Значения расходов в реке Западная Двина взяты на гидрологической станции города Полоцка (код поста 73122).

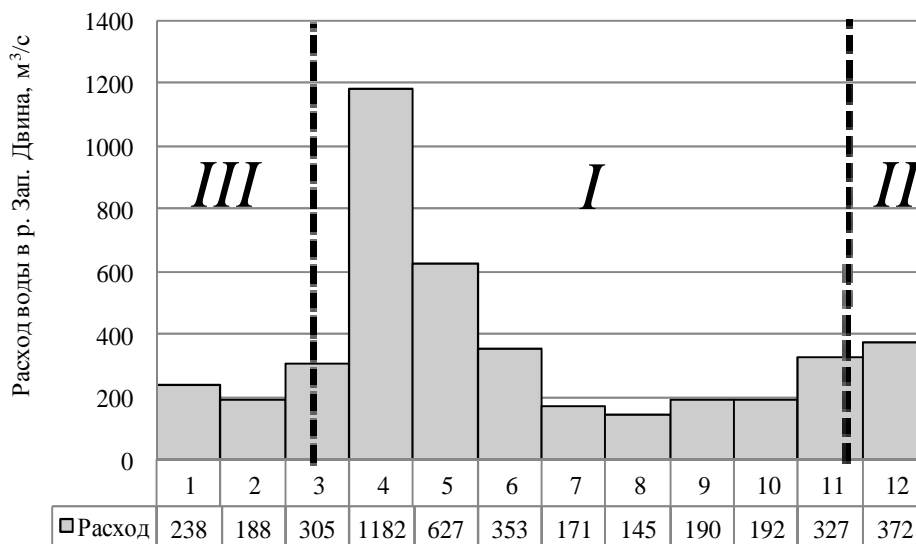


Рис. 1. Динамика изменения среднемесячного расхода воды в реке Западная Двина: I фаза – весеннее половодье; II фаза – летне-осенняя межень; III фаза – зимняя межень

Для Западной Двины характерно высокое весеннее половодье, низкая летне-осенняя межень, которая почти ежегодно нарушается дождевыми паводками, и более повышенная за счет частых оттепелей и дождей зимняя межень [1].

В период половодья питание реки Западной Двины осуществляется главным образом почвенно-поверхностными водами, которые поступают за счёт интенсивного снеготаяния, образуя пик половодья. Половодье является важнейшей фазой гидрологического режима, во время которого проходит от 50 до 70 % годового стока. Весеннее половодье продолжается со второй декады марта до июня, продолжительность половодья составляет 60–70 дней. Максимумы весеннего половодья формируются во второй декаде апреля.

Летом и осенью река Западная Двина имеет смешанное дождевое и грунтовое питание. Летне-осенняя межень обычно наступает в июне и заканчивается в третьей декаде ноября. Почти ежегодно летне-осенняя межень прерывается дождевыми паводками в среднем высотой 1,6–2,8 м. Наибольшей высотой и продолжительностью отличаются паводки, проходящие в конце лета и осенью.

В целом же по высоте паводки уступают весеннему половодью, хотя изредка достигают высоты среднего весеннего максимума. Продолжительность паводков разнообразна и, в зависимости от характера дождей, колеблется от 4–6 до 30–40 дней. В летне-осенний период поймы затопляются очень редко.

Зимняя межень проходит с декабря до середины марта. Самые малые расходы чаще всего наблюдаются зимой, когда река питается только за счет подземных (грунтовых) вод.

Снежный покров появляется в среднем в первой декаде ноября. Средние даты схода снежного покрова приходятся на начало апреля. Высота снежного покрова обычно составляет около 30 см.

Согласно [1–3], термический режим реки Западная Двина напрямую зависит от погодных условий территории и имеет два чётко выраженных периода. Первый период (ледостав) наступает, когда отрицательные температуры воздуха охлаждают температуру водной массы до постоянной, почти равной нулю величины. Второй период (свободной водной поверхности) начинается с весенним повышением температуры воздуха, ведёт за собой процесс интенсивного разрушения ледяного покрова.

Распределение среднемесячных температур воды представлено в таблице.

Распределение среднемесячных температур воды, °С,  
за период 2005–2012 годов

Год	2012	2011	2010	2009	2008	2007	2006	2005	
Месяц	1	0	0	0	–	–	1,5	–	0,4
	2	–	0	0	–	–	0	–	–
	3	–	0	0,1	–	1,3	1,6	–	–
	4	4,3	4,3	5,5	5,1	8,1	7,4	3,6	4,5
	5	15,6	14,2	15,8	13,6	13	13,9	13,4	13
	6	18,1	21,6	19,9	18	17,7	21,6	18,9	18
	7	21,6	23,8	25,4	21,1	20,7	19,8	22,9	22
	8	19,8	20,7	23,2	19	19,9	21	19,4	19,9
	9	14,6	15,6	14	15,9	13,2	13,6	14,4	15,4
	10	8,7	8,7	6,3	7	8,8	8,7	10	8,7
	11	3,1	3,4	4,9	3,9	2,9	1,4	2,6	1,7
	12	0,3	1,5	0	–	0,9	0,4	3,5	0,4

К основным физическим показателям качества воды в реке Западная Двина, влияющим на технологический режим фильтровальной станции и на реагентную обработку воды, относятся:

- взвешенные вещества;
- цветность.

Материалом для исследования послужили данные ежедневных лабораторных анализов сырой воды, поступающей на фильтровальную станцию, выполняемых аккредитованной лабораторией завода «Полимир» за период 2004–2013 годов.

**Взвешенные вещества.** На рисунке 2 представлен график внутригодового изменения среднемесячных концентраций взвешенных веществ, обобщенных за период с 2004 по 2013 год.

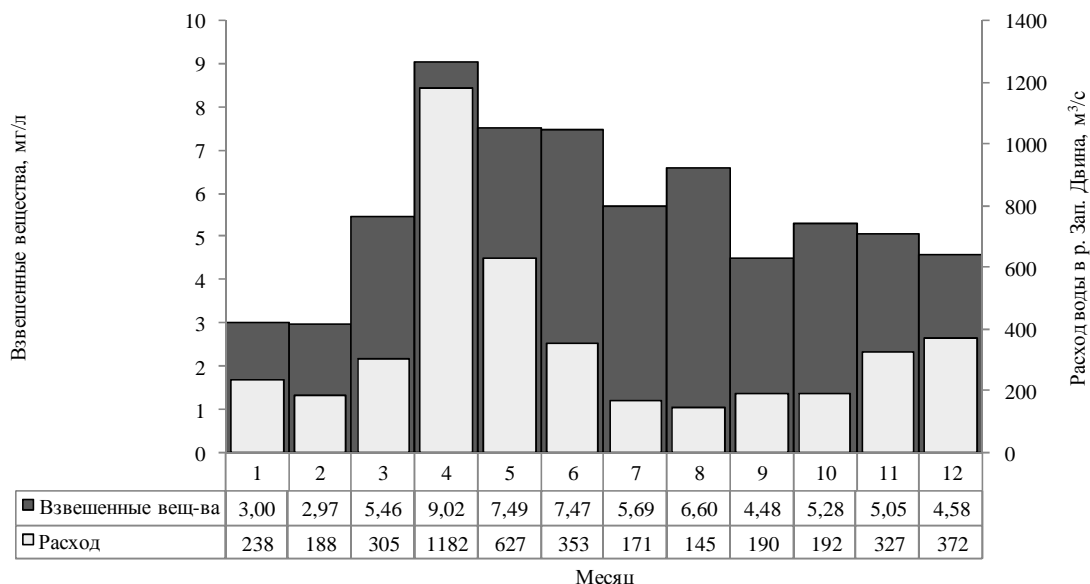


Рис. 2. Динамика изменения среднемесячных концентраций взвешенных веществ в сырой воде

Наибольшие концентрации взвешенных веществ приходятся на период половодья, что объясняется поступлением наносов с тальми водами с бассейна реки Западная Двина и эрозией донных отложений потоком воды в реке.

Уменьшение расхода воды в реке в период летне-осенней межени приводит к снижению концентрации взвешенных веществ. Паводки в этот период, вызванные дождями, приносят в русло реки Западной Двины продукты водной эрозии. В работах [4; 5] авторы говорят о том, что кратковременные дожди небольшой интенсивности обеспечивают большой вклад в мутность даже при малом приросте расхода воды в реке. Наибольшая концентрация продуктов смыва наблюдается в самом начале дождя, когда поверхность грунта еще не пропиталась влагой. По этой причине частые небольшие дожди с перерывами на высыхание поверхности могут внести большой вклад в мутность реки, чем длительные непрерывные дожди.

В ноябре и декабре концентрация взвешенных веществ остается на уровне осенней межени (см. рис. 2) и поддерживается за счет поступления в реку наносов с паводками, вызванными оттепелями, приводящими к таянию льда и снега на территории бассейна реки Западная Двина. В январе и феврале концентрация взвешенных веществ наименьшая, что вызвано уменьшением расхода воды в реке и питанием в основном за счёт грунтовых вод.

Отбор проб проводился из трубопровода сырой воды перед подачей на очистные сооружения фильтровальной станции. Сырая вода на фильтровальную станцию поступает с ковшового водозабора по двум напорным водоводам. В связи с этим возможно, что качество воды по взвешенным веществам на входе фильтровальной станции отличается от ее качества в реке Западная Двина [6].

**Цветность.** Цветность характеризует содержание органических веществ в воде, а также некоторых неорганических соединений, таких как соединения железа, сероводород, нитриты, аммиак.

Динамика изменения среднемесячных концентраций цветности в сырой воде, обобщенная за период с 2004 по 2013 год, показана на рисунке 3.

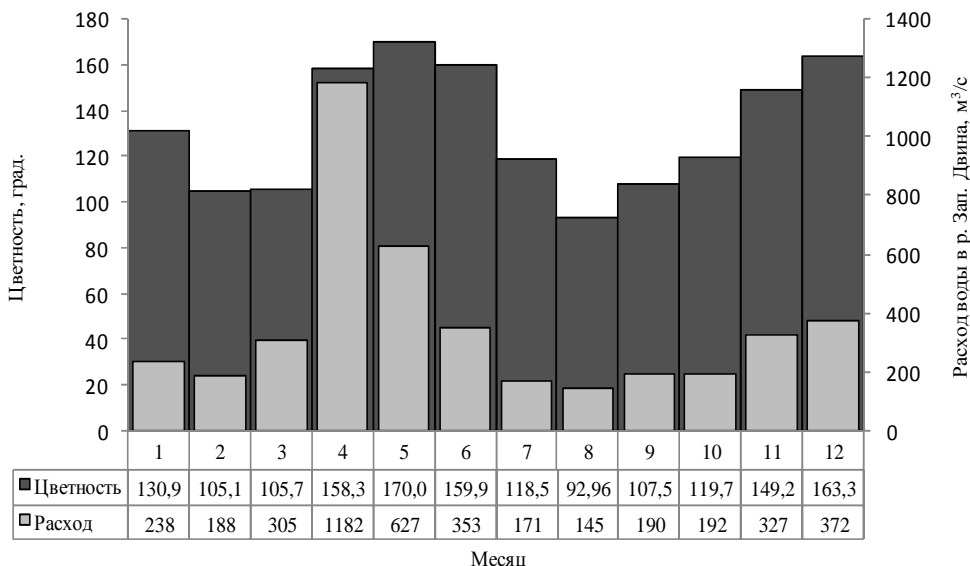


Рис. 3. Динамика изменения среднемесячных концентраций цветности в сырой воде

Рассмотрим зависимость цветности от расхода воды в реке Западная Двина. В период весеннего половодья (см. рисунок 3) наблюдаются максимальные значения цветности за счёт поступления фильтровальных вод насыщенных органическими веществами с территории бассейна реки Западной Двины. С наступлением летней межени расход воды в реке падает, что приводит к снижению цветности и окисляемости. Осенью наблюдается рост расхода воды за счёт осенних паводков и увеличение цветности и окисляемости.

В зимнюю межень с уменьшением расхода воды в реке уменьшается цветность. Следует отметить, что значения цветности и окисляемости в ноябре, декабре и январе близки к максимальным значениям, наблюдаемым в период весеннего половодья. Возможно, это связано с загрязнением реки сточными водами.

Выявив динамику изменения физических показателей качества воды в реке Западная Двина за многолетний период возможно прогнозирование изменения качества воды в водоемосточнике в последующие годы, что позволит оптимизировать реагентный режим фильтровальной станции.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Полищук, А.И. Гидрологический мониторинг Республики Беларусь / А.И. Полищук, Г.С. Чекан. – Минск: Книгзабор, 2009. – 268 с.

2. Алёкин, О.А. Основы гидрохимии / О.А. Алёкин. – Л.: Гидрометеиздат, 1953. – 301 с.
3. Никаноров, А.М. Гидрохимия: учебник / А.М. Никаноров. – 2-е изд. перераб. и доп. – СПб.: Гидрометеиздат, 2001. – 444 с.
4. Статистические характеристики изменчивости качества воды, поступающей на водопроводную станцию / Б.М. Долгоносов [и др.] // Инженерная экология. – 2004. – № 3. – С. 2–20.
5. Долгоносов, Б.М. Статистическая оценка взаимосвязи расхода воды в реке и ее мутности в водозаборных сооружениях / Б.М. Долгоносов, К.А. Корчагин // Водные ресурсы. – 2005. – Т. 32, № 2. – С. 196–204.
6. Прогноз показателей качества воды на входе водопроводной станции / Б.М. Долгоносов [и др.] // Водоснабжение и санитарная техника. – 2004. – № 11. – С. 15–20.

УДК 628.16.08(476)

## ДИНАМИКА ИЗМЕНЕНИЯ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА СЫРОЙ ВОДЫ, ПОСТУПАЮЩЕЙ НА ФИЛЬТРОВАЛЬНУЮ СТАНЦИЮ ЗАВОДА «ПОЛИМИР»

*Т.М. МОНЯК*

*Приводятся результаты исследования динамики изменения химического состава сырой воды, поступающей на фильтровальную станцию завода «Полимир» ОАО «Нафтан» с целью дальнейшей оптимизации работы фильтровальной станции.*

Значительное количество промышленных предприятий на территории Республики Беларусь для технологических нужд используют воду из поверхностных источников. Согласно [1; 2] для выбора оптимальной технологической схемы водоподготовки необходимо изучить показатели качества воды в источнике водоснабжения за многолетний период, выявить основные закономерности сезонной и многолетней изменчивости физико-химического состава воды.

Рассмотрим один из аспектов, влияющих на выбор технологической схемы фильтровальной станции, – химический состав сырой воды.

К основным химическим показателям качества воды в поверхностном водоисточнике относятся:

- перманганатная окисляемость (далее по тексту – окисляемость);
- щёлочность;
- железо;
- активная концентрация водородных ионов (рН).

Материалом для исследования послужили данные ежедневных лабораторных анализов сырой воды, поступающей на фильтровальную станцию, выполняемых аккредитованной лабораторией завода «Полимир» за период 2004–2013 годов.

**Окисляемость.** Данный показатель характеризует содержание органического вещества в воде, а также некоторые неорганические соединения, такие как соединения железа, сероводород, нитриты, аммиак.

Динамика изменения среднемесячных концентраций цветности и окисляемости в сырой воде, обобщенная за период с 2004 по 2013 год, показана на рисунке 1.

Рассмотрим зависимость окисляемости от расхода воды в реке Западная Двина. В период весеннего половодья (см. рис. 1) наблюдаются максимальные значения окисляемости за счёт поступления фильтративных вод насыщенных органическими веществами с территории бассейна реки Западной Двины. С наступлением летней межени расход воды в реке падает, что приводит к снижению цветности.

**Щёлочность общая.** На рисунке 2 показана динамика изменения среднемесячных концентраций щёлочности, обобщенная за период с 2004 по 2013 год.

Щёлочность воды в реке Западная Двина в течение года изменяется следующим образом: в период половодья щёлочность уменьшается за счёт разбавления концентраций гидратов (ионов  $\text{OH}^-$ ) и анионов слабых кислот (ионов  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ) паводковыми водами, с наступлением летней межени расход воды в реке падает, что приводит к увеличению данного показателя. Осенние паводки, вызванные дождями, и оттепели в ноябре и декабре приводят к увеличению расхода воды в реке Западная Двина и, соответственно, к уменьшению щёлочности воды.