

ТЕХНОГЕННОЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА  
ПОДЗЕМНЫХ И ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД В ТАМБОВСКОМ  
ПРОМЫШЛЕННОМ РАЙОНЕ

А. А. Бердников

Воронежский государственный университет

Поступила в редакцию 22 августа 2011 г.

**Аннотация.** *Водная среда в пределах Тамбовского промышленного района испытывает заметные изменения в химическом составе. Вариации гидрохимических показателей оценены по экологически приоритетным компонентам, в качестве которых выбраны аммоний, железо, показатель биологического поглощения кислорода. Их концентрации подвержены сезонным колебаниям и определяются масштабами поступления неочищенных и недостаточно очищенных сточных вод промышленных предприятий в поверхностные воды и подземные водоносные комплексы.*

**Ключевые слова:** *Тамбовский промышленный район, водные экосистемы, загрязнение водной среды, аммоний, железо, биологическое поглощение кислорода, минерализация, предельно допустимые концентрации.*

**Abstract.** *The water environment within the Tambov industrial region test essential transformations to a chemical compound of the water environment. Variations of hydrochemical indicators are estimated on ecologically priority components in which quality are chosen ammonium, iron an indicator biological absorption of oxygen. Their concentration have seasonal hesitations and the cleared sewage of the industrial enterprises is defined by scales of receipt not enough.*

**Key words:** *Tambov industrial region, water ecosystems, pollution of the water environment, ammonium, iron, biological absorption of oxygen, mineralization, maximum permissible concentration*

Изменение химического состава подземных вод в Тамбовском промышленном районе происходит в основном под действием техногенных факторов. В качестве источников загрязнения можно рассматривать две группы объектов: поверхностные и погребенные. Система очистки сточных вод включает, кроме прудов-отстойников, станции биологической очистки и осветления воды. Проектируемая эффективность очистки по БПК<sub>5</sub> составляет 88 %, по анилину – 100 %. Несмотря на то, что пруды-отстойники, экранируются глинистыми породами, противоточная защита не дает полной эффективности, о чем свидетельствует загрязнение как грунтовых, так и поверхностных вод.

В настоящее время интенсивно загрязняются как поверхностные (р. Цна и ее притоки - Студенец, Чумарса, Гаврюшка, Пяшкиль), так и подземные воды неоген-четвертичного, мелового и девонского водоносных комплексов, куда осуществляется постоянный сброс сточных вод. В загрязнении мелких поверхностных водоемов участвуют пре-

имущественно поверхностные стоки. Значительную роль в распространении загрязнения играют поверхностные отложения: их литолого-минералогический состав, фильтрационные свойства, концентрация загрязняющих веществ [1, 2]. Загрязнение поверхностных отложений происходит, главным образом через инфильтрующиеся поверхностные стоки, в том числе промышленные канализационные утечки.

Полной инвентаризации неорганизованных шламовых полей, прудов-отстойников и других накопителей отходов, а так же потенциальных очагов загрязнения на территории Тамбовского промышленного района проведено не было. В качестве погребенных источников загрязнения следует рассматривать все канализационные утечки, существовавшие в прошлом, которые загрязнили почвы, грунты и ближайшие к поверхности водоносные горизонты.

Качественный состав как действующих, так существовавших ранее стоков и твердых промышленных отходов весьма многообразен: гипсовые, известковистые, железо-окисные шламы, пигментные и ливневые стоки. Довольно сложный состав

имеют промышленные стоки, в которых кроме минеральных составляющих (хлоридов, сульфатов, кальция, магния, щелочных металлов, железа, марганца), содержащихся в количествах, в десятки раз превышающих предельно допустимые концентрации, значительная роль принадлежит органическим соединениям. Поэтому оценивать степень загрязнения подземной гидросферы территорией следует как по содержанию минеральных, так и органических компонентов.

Ранее нами исследовано техногенное поражение верхнего структурного-гидрогеологического этажа, представленного четвертичным водоносным комплексом [3]. Установлено что степень загрязнения подземных вод этого комплекса на территории Тамбовского промышленного района не одинаково как по площади, так и в количественном и качественном отношении. Наиболее загрязненными

оказались подземные воды в зоне влияния прудов отстойников здесь сформировался новый тип техногенно пораженных подземных вод. Он локализуется не только в неоген-четвертичном, но и затрагивает нижележащие меловой и девонский водоносные комплексы (табл. 1).

Ниже рассматриваются основные гидрогеохимические показатели мелового водоносного комплекса, и устанавливается степень их техногенной метаморфизации.

*Минерализация.* Фоновое значение минерализации колеблется в пределах 0,3–0,5 мг/дм<sup>3</sup>. Максимальные значения (1,04–1,12 г/дм<sup>3</sup>) отмечено в скважине № 14 в районе западной оконечности Архиерейского пруда. По сравнению с верхнечетвертичным водоносным комплексом уровень накоплений минеральных веществ значительно ниже – в 4–8 раз.

Таблица 1

Динамика изменения химического состава подземных вод по водоносным комплексам на территории Тамбовского промышленного района

Показатели хим. состава	Единицы измерения	ПДК	До 2000 года			После 2000 года		
			Q	K	D	Q	K	D
pH	усл. ед.	6,0–9,0	6,4–9,4	7,5–10,4	5,9–11,1	4,1–8,6	6,6–11,0	7,5–11,0
Ж	мг/г – экв/дм <sup>3</sup>	7,0	3,6–32,0	1,8–6,4	1,2–6,8	2,8–38,0	0,9–6,0	1,2–10,8
M	г/дм <sup>3</sup>	1,0	500–700	180–1040	170–600	600–18700	110–750	170–790
Cl <sup>-</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	350,0	36–1945	28–300	21–250	80–3350	35–285	21–590
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	500,0	56–1800	9–340	10–120	0–6200	4,4–95	9,0–95
Na <sup>+</sup> +K <sup>+</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	200,0	20,0–180,2	35,0–98,0	60,4–88,5	45,0–265,4	39,0–160,0	27,4–105,5
Ca <sup>2+</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	–	55,4–660,0	60,2–240,0	78,5–118,4	54,5–1200	33,4–120,5	12,0–84,3
Mg <sup>2+</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	–	20,3–188,4	35,3–125,2	29,2–78,4	30,2–94,2	19,8–62,4	8,8–32,1
Fe <sub>обш</sub>	мг/дм <sup>3</sup>	0,3	0,2–70,0	0,8–2,2	0–10,4	0,9–900	0–3,4	0,8–10,5
Mn	мг/дм <sup>3</sup>	0,1	0,08–2,1	0,05–2,4	0,05–0,8	0,08–10,5	0,08–0,9	0,05–0,9
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	2,0	0,5–216	2,6–13,5	4,0–14	2,9–340	2,8–23,0	1,2–22,4
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	3,0	0,6–81,1	0,8–12,2	0,5–10,4	2,2–220,0	3,2–21,0	2,0–16,5
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	45,0	36,0–102,0	29,3–88,5	20,4–90,6	44,0–160,7	22,2–70,4	16,8–55,9
XПК	мг/г O <sub>2</sub>	10,0	19,5–1430	3,9–57,2	7,8–54,6	21–3780	14,5–88,0	6,7–77,0
БПК <sub>5</sub>	мг/O <sub>2</sub>	2,0	7,6–18,2	3,4–16,0	2,0–10,4	10,2–28,0	5,5–11,3	1,8–5,6

Примечания. 1. Водоносные комплексы: Q – четвертичный, K – меловой, D – девонский.

2. pH-показатель концентрации водородных ионов, Ж – жесткость, M – минерализация (сухой остаток). XПК – показатель химического поглощения кислорода, БПК<sub>5</sub> – показатель биологического поглощения кислорода.

*Хлориды.* Содержание хлоридов, так же в большинстве случаев находятся в пределе допустимых концентраций (50–200 мг/дм<sup>3</sup>, максимальная 255 мг/дм<sup>3</sup>).

*Сульфаты.* Диапазон изменения содержаний сульфатов сравнительно невелик (80–118 мг/дм<sup>3</sup>), что также находится в пределах допустимых концентраций. Распределение сульфатов по площади равномерное; незначительное обогащение этим компонентом отмечается в пределах северо-

западной части промышленной площадки (150 мг/дм<sup>3</sup>).

*Железо.* Содержание железа повсеместно выше предельно допустимой концентрации (0,3 мг/дм<sup>3</sup>). При этом разброс значений довольно высок (0,5–3,5 мг/дм<sup>3</sup>) при этом более высокие значения наблюдаются к западу от Архиерейского пруда. Значительно меньшим содержанием железа характеризуются подземные воды в восточной части промышленной площадки (0,3–0,8 мг/дм<sup>3</sup>).

*Марганец.* Характер распределения марганца полностью отражает особенности поведения железа. В целом содержание этого элемента меняется от предельно допустимых значений ( $0,1 \text{ мг/дм}^3$ ) до  $0,4\text{--}0,7 \text{ мг/дм}^3$ .

*Органическое загрязнение.* Одним из важнейших показателей органического загрязнения является присутствие в подземных водах аммония. Этот компонент отмечен практически повсеместно, причем в количествах, заметно превышающих предельно допустимую концентрацию ( $2 \text{ мг/дм}^3$ ) минимальные значения ( $2,2\text{--}2,8 \text{ мг/дм}^3$ ) установлены в северной части промышленной площадки. Наибольшее загрязнение аммонием характерно для северо-западной части ( $10,9\text{--}23 \text{ мг/дм}^3$ ). Как уже отмечалось выше, подземные воды здесь обогащены сульфатами.

Прослежена динамика изменения приоритетных показателей состава компонентов в водной среде Тамбовского промышленного района. За период 2007–2008 гг.

Прослежена динамика изменения концентрации азота аммонийного за период 2007–2008 гг. в пределах г. Тамбовского промышленного района. В целом содержание  $\text{NH}_4^+$  не превышает предельно допустимой концентрации и только в первом квартале 2008 года наблюдалось резкое, почти в два раза, возрастание содержания этого компонента относительно предельно допустимого значения, что можно объяснить эпизодическим увеличением уровня загрязнения водной среды.

В отличие от аммонийного азота железо практически повсеместно накапливается в воде выше предельно допустимого уровня. При этом наиболее высокие содержания железа отмечаются в зимне-весенний период (превышение предельной нормы в три раза). Это можно объяснить недостаточным уровнем аэрации водной среды, вызывающим изменение миграционных форм этого элемента (отношение  $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$  сдвигается в пользу первого катиона). Как и для аммонийного азота, среднегодовые концентрации железа превышают предельно допустимый уровень, что свидетельствует о довольно существенном загрязнении водной среды.

*Биологическое поглощение кислорода (БПК-5)* – количество кислорода, потребляемого за определенное время при биохимическом окислении содержащихся в воде веществ в аэробных условиях; выражается в  $\text{мг/дм}^3$  молекулярного кислорода. Наиболее часто употребляется значение БПК-5 – биохимическое потребление кислорода в течение 5 суток.

Значения БПК-5 используются для оценки степени загрязненности водного объекта и содержания легкоокисляющихся органических веществ. Установлено, что убыль кислорода и окисление легкоокисляющихся органических веществ протекает с убывающей скоростью, пропорциональной их концентрации [4, 5]. В природных водах, имеющих значения рН от 6 до 8, не содержащих токсичных веществ и разведенных до такой степени, чтобы процесс протекал в аэробных условиях, за 5 суток при  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  окисляется около 70 % легкоокисляющихся органических веществ.

В поверхностных и подземных водах, не подверженных техногенному преобразованию, значения БПК-5 колеблются обычно от  $0,5$  до  $4,0 \text{ мг/дм}^3$  молекулярного кислорода и подвержены сезонным и суточным изменениям. Сезонные изменения в основном определяются вариациями температуры и исходной концентрации растворенного кислорода, суточные изменения – главным образом от исходной концентрации растворенного кислорода, которая может в течение суток изменяться на  $2,5 \text{ мг/дм}^3$  в зависимости от соотношения интенсивности процессов продуцирования и потребления кислорода [5].

Изменение показателя биологического поглощения кислорода носит циклический характер. Довольно низкие значения, характерные для весеннего периода чередуются с более высокими в осенне-зимний период. Однако среднегодовые значения в основном превышают предельное значение этого показателя в  $1,5\text{--}2,5$  раза. Причина заключается не столько в природно-сезонных колебаниях количеств затраченного и генерируемого кислорода, сколько в устойчивом продолжительном загрязнении водной среды, влияющего на кислородный режим.

По показателю *бихроматной окисляемости* (ХПК) поверхностные и подземные воды являются загрязненными, поскольку повсеместно этот показатель выше предельно допустимого значения наиболее высокие значения ХПК ( $90\text{--}130 \text{ мг/дм}^3$ ) постоянно фиксируются в западном и юго-западном участках района.

Практически все крупные предприятия Тамбова участвуют в загрязнении р.Цна и ее притоков и подземных водоносных горизонтов (табл. 2). В основном осуществляется сброс отработанных вод без очистки и недостаточно очищенных. Биологической очистке подвергаются только воды, поступающие с УМП «Водоканал». Все это пагубно отражается на санитарно-экологическом состоянии водной среды.

Поскольку наибольшее количество неочищенных загрязненных вод поступает с крупных предприятий (ОАО «Пигмент», ОАО «Тамбовмаш», ПК «Котовский лакокрасочный завод», Филиал Котов-

ская ТЭЦ ОАО «Тамбовэнерго»), для нормализации экологической обстановки целесообразно осуществить в кратчайшие сроки реконструкцию очистных сооружений на этих объектах.

Таблица 2

Сброс сточных вод в р. Цна в пределах Тамбовского промышленного района (млн м<sup>3</sup>/год)

Наименование предприятий	Всего	В том числе				
		Загрязненных		Нормативно чистых без очистки	Нормативно очищенных	Биологически очищенных
		Без очистки	Недостаточно очищенных			
ОАО «Пигмент»	0,34000	0,34000	–	–	–	–
ОАО «Тамбовмаш»	0,42300	–	–	0,42300	–	–
ПК Котовский лакокрасочный завод	0,43400	0,34600	–	0,03500	–	–
ФГУП Котовский завод пластмасс	2,78400	–	2,78400	–	–	–
ОАО «Тамбоврезиноасбестотехника»	0,29500	0,29500	–	–	–	–
Филиал Котовская ТЭЦ ОАО «Тамбовэнерго»	0,30200	–	0,30200	–	–	–
Тамбовская ТЭЦ	2,28000	–	2,23200	0,04800	–	–
УМП «Водоканал»	35,0190	–	–	–	35,0190	35,0190

Таким образом, загрязнение поверхностных вод на территории тамбовского промышленного района, благодаря гидравлической связи их в первую очередь с неоген-четвертичным водоносным горизонтом, проникает и в более глубоко залегающие горизонты, поражая подземные воды мелового и девонского комплексов. В этой ситуации для предотвращения экологически неблагоприятных последствий для состояния водной среды, как промышленной, так и селитебной части города, необходимо срочное принятие комплекса мер по снижению объемов сбросов неочищенных стоков предприятий химической индустрии и теплоэлектроцентралей.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Бердников А. А. Динамика изменения экологических приоритетных показателей химического состава четвертичного водоносного комплекса на территории

промышленной площадки ОАО «Пигмент» (г. Тамбов) / А. А. Бердников // Использование и охрана водных ресурсов Центрально-Черноземного региона России : сборник науч. статей. – Воронеж : ИПЦ ВГУ, 2009. – С. 63–67.

2. Бердников А. А. К методике эколого-гидрогеологических исследований в Тамбовском промышленном районе / А. А. Бердников // Вестник Воронеж. гос. ун-та. Серия: Геология, 2009. – № 1. – С. 174–176.

3. Бердников А. А. Динамика загрязнения подземных вод на территории ОАО «Пигмент» (г. Тамбов) / А. А. Бердников // Геологи XXI века. – Саратов : Изд-во СО ЕАГО, 2009. – С. 76–78.

4. Бочаров В. Л. Экологическая гидрохимия. Русско-английский словарь-справочник основных терминов и понятий / В. Л. Бочаров, Л. Н. Титова, Л. Н. Строгонова // Труды НИИ геологии ВГУ. – Воронеж : Воронеж. гос. ун-т, 2004. – Вып. 18. – 220 с.

5. Зенин А. А. Гидрохимический словарь / А. А. Зенин, Н. В. Белоусова. – Л. : Гидрометеиздат, 1988. – 239 с.

Воронежский государственный университет  
А. А. Бердников, аспирант кафедры гидрогеологии,  
инженерной геологии и геоэкологии  
Тел. 8 (473) 220-89-80  
gidrogeol@mail.ru

Voronezh State University  
A. A. Berdnikov, post-graduate student of Chair of  
Hydrogeology, Engineering Geology and Geoecology  
Tel. 8 (473) 220-89-80  
gidrogeol@mail.ru