

ХАРАКТЕР И МАСШТАБЫ ТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДНОЙ СРЕДЫ ТАМБОВСКОГО ПРОМЫШЛЕННОГО РАЙОНА

В. Л. Бочаров, А. А. Бердников, Л. Н. Строгонова

Воронежский государственный университет

Поступила в редакцию 14 марта 2014 г.

Аннотация: природные воды, как поверхностные, так и подземные, представляют сложную динамическую равновесную систему. Водное равновесие устанавливается не только между различными типами и формами воды, но и между водной субстанцией и горными породами, газами, органическим веществом. Техногенное воздействие на природные воды приводит не только к изменению их гидродинамического режима, но и к появлению концентраций химических элементов и соединений, не свойственных природе и губительно действующих на окружающую среду и человека.

В пределах Тамбовского промышленного района наибольшая техногенная нагрузка на водную среду наблюдается в ореолах влияния предприятий химической, электротехнической, машиностроительной, пищевой и обрабатывающей промышленности, теплоэнергетики, поля фильтрации которых поставляют в подземные и поверхностные воды тяжелые металлы, органические вещества, нитраты, фосфаты, нефтепродукты, химические вещества повышенной токсичности.

Ключевые слова: поверхностные и подземные воды, техногенное загрязнение, промышленные стоки, активные соли азота, фосфаты, нефтепродукты, тяжелые металлы, токсичные вещества.

Abstract: natural waters, both surface and underground are complex dynamic equilibrium system. Water balance is established not only between different types and forms of water, but also aqueous substance with rocks, gases and organic substance. Technogenic influence on natural waters causes not only changes of their hydrodynamic regime, but also the appearance of the concentrations of chemical elements and compounds are not peculiar to nature and makes detrimental effect on the environment and humans.

Within the industrial district of Tambov greatest technogenic impact on the aquatic environment observed in halos influence of chemical, electrical, engineering, food and manufacturing industries, power engineering, filtration field which comes in groundwater and surface water heavy metals, organic compounds, nitrates, phosphates, petroleum products, chemicals increased toxicity.

Key words: surface and underground water, industrial pollution, industrial discharges, active salts of nitrogen, phosphates, petroleum products, heavy metals, toxic substances.

Геологическая среда – часть окружающей природной среды, охватывает верхнюю часть гидросферы, в которую входят горные породы, подземные и поверхностные воды, газы и органические вещества [1, 2]. Все эти компоненты находятся в постоянном взаимодействии и формируют в естественных и нарушенных условиях динамическое равновесие [3, 4]. Подземные и поверхностные воды, являясь наиболее используемой частью геологической среды в городах, выступают как индикатор ее состояния. Особое внимание при решении задач сохранения геологической среды в естественном – ненарушенном – состоянии в условиях постоянно увеличивающейся техногенной нагрузки следует уделять пресным подземным водам как ценнейшим из полезных ископаемых.

Человек в процессе своей хозяйственной деятельности влияет на состояние водной среды. Характер и интенсивность такого воздействия различны. Человек

воздействует на состояние природных вод путем их добычи или водоотбора, изменяя гидродинамический режим подземных вод, это, в свою очередь, влияет и на состав подземных вод в различных гидрогеологических подразделениях. Также человек нарушает природный геохимический режим путем техногенного загрязнения [5, 6].

Под техногенным загрязнением подземных и поверхностных вод понимают ухудшение качества воды в результате хозяйственной деятельности человека. Загрязнение вод выражается в появлении компонентов в концентрациях, губительно действующих на окружающую среду и человека. Говоря о загрязнении, можно выделить две стадии: первая, когда антропогенное воздействие привело к увеличению концентраций загрязнителей выше фоновых, однако не превышающих предельно допустимые (ПДК) [7], и вторая, когда концентрации компонентов превышают ПДК. Ниже рассмотрены характер и интенсивность

воздействия хозяйственной деятельности человека на водную среду города Тамбова.

Водоотбор и влияние промышленных предприятий на водную среду

Водоотбор влияет на изменение уровней подземных вод, в результате работы водозаборных узлов возникают локальные понижения уровней подземных вод, образуются депрессионные воронки. Снижение напоров в рабочем пласте создает условия, благоприятные для перетекания вод из других водоносных горизонтов, нарушая тем самым природную гидрогеохимическую обстановку.

На исследуемой территории города Тамбова расположено 5 водозаборов централизованного водоснабжения и 13 ведомственных, суммарный суточный водоотбор которых составляет более 100 тыс. м³.

Техногенная нагрузка на природную среду сосредоточена в большей степени в северо-восточной

части территории в промышленной зоне города Тамбова, где расположены многочисленные предприятия. Практически на всех предприятиях имеются промышленные отходы и стоки. Жидкие отходы подаются на городские очистные сооружения. Такие предприятия, как ОАО «Пигмент», ТЭЦ, городские очистные сооружения, имеют большие накопители отходов [8, 9]. В табл. 1 приведена обобщенная характеристика промстоков ряда предприятий Северо-Восточного промышленного узла Тамбова.

Как показано в табл. 1, наиболее минерализованными (по сухому остатку) являются стоки ОАО «Тамбовмаш», по-видимому, за счет большого количества органических соединений. Значение ХПК в стоках данного предприятия в десятки раз выше по сравнению со стоками других предприятий. Отстойник ТЭЦ характеризуется наиболее высокими значениями рН (до 10) и концентрацией сульфатов выше ПДК.

Таблица 1

Обобщенная характеристика промстоков предприятий г. Тамбова

Предприятие	Дата	рН	Сухой остаток, мг/дм ³	ХПК, мг/дм ³	Сl, мг/дм ³	SO ₄ ²⁻ , мг/дм ³	Fe, мг/дм ³	Жесткость, мг/эquiv/дм ³	Амины, мг/дм ³
Мясокомбинат, сток	13.08.98	8,0		27,2	78,1	41,4		6,4	
АРТИ, сток	1992–1998	7,5	561,5	80,1	63,2	96,9	0,8		0,4
ср.									
мин.		6,2	290,0	24,0	40,6	45,6	0,1		0,2
макс.		8,4	709,0	149,0	108,0	156,1	2,5		0,5
«Гальванотехника», сток	06.08.98	8,0			42,6	42,9		6,0	
«Тамбовмаш», сток ср.		7,5	816,4	869,6	63,7	128,0	3,3		1,6
мин.		6,1	387,0	24,0	35,5	40,3	0,1		0,1
макс.		8,1	3423,0	9111,1	120,5	384,3	13,9		4,8
ТЭЦ, сток	07.08.98	9,7			49,7	65,1		3,2	
ТЭЦ, отстойники, ср.	07.08.98	10,0		47,6	120,7	947,2		3,2	
«Электроприбор», сток ср.	1992–1998	7,7	914,0	124,4	101,5	184,8	1,3		0,3
мин.		5,2	524,5	39,2	14,2	80,6	0,1		0,1
макс.		9,2	1733,0	204,7	303,7	314,1	7,0		0,5
Очистные сооружения, отстойники, ср.	21.08.98	8,2		370,5	155,9	31,1		11,5	

Сточные воды промышленных предприятий содержат различные группы микроэлементов, используемых в производстве. Так, фосфор, относящийся к числу продуктов разложения органических веществ, присутствует в стоках ОАО «Пигмент», в прудах-отстойниках предприятия, а также в золоотвалах ТЭЦ, отстойниках ОАО «Тамбовмаш» и городских очистных сооружений. Медь присутствует в стоках ОАО «Пигмент», заводов «Аппарат», «Ревтруд», «Комсомолец», «Электроприбор», «АРТИ». Источником

загрязнения свинцом являются промышленные площадки и пруды-накопители ОАО «Пигмент», «Тамбовмаш», «Электроприбор», «Гальванотехника». Цинк содержится в прудах-накопителях ОАО «Пигмент» и «Тамбовмаш», в золоотвалах Тамбовской ТЭЦ.

Судя по представленным данным, с позиций влияния на качество подземных вод основную опасность представляют отстойники ТЭЦ (сульфаты, фосфаты, цинк), заводы: «Тамбовмаш» (железо, органические

вещества, свинец, цинк, фосфаты), «Электроприбор» (железо, органические вещества, свинец, медь) и «АРТИ» (железо, медь, органические вещества); отстойники очистных сооружений (органические вещества, жесткость, фосфаты). Следует отметить, что в целом перечень анализируемых в стоках микрокомпонентов ограничен, и можно предполагать, что состав загрязняющих веществ существенно шире. Так, по данным об объектах-аналогах можно предположить, что поля фильтрации являются источником поступления в подземные воды соединений азота, железа, марганца, тяжелых металлов, органических веществ. Стоки предприятия «Гальванотехника» содержат цианиды, мышьяк, хром, медь, кадмий, свинец и цинк.

На территории города Тамбова расположено предприятие, оказывающее наибольшее негативное влияние на все компоненты природной среды. Самому интенсивному воздействию подвергаются поверхностные и подземные воды [10, 11].

ОАО «Пигмент» является крупнейшим промышленным предприятием города Тамбова, производящим пигменты для полиграфической, лакокрасочной промышленности, красители для синтетических волокон и текстильной печати, акриловые смолы, эмульсии, отбеливающие вещества и другие виды продукции.

В начале эксплуатации предприятия шламовые остатки складировались в мелких овражках около уступа террасы, отделяющего пойму р. Цны от промплощадки. Позже для обезвреживания промышленных стоков производства была построена установка локальной очистки, где проводились коагуляция и осаждение крупных частиц стока. В нейтрализаторах и отстойниках проходила очистку часть промстоков (700 м³/сут). Сточные воды представляли собой смесь кислот, минеральных солей и органических соединений. После локальной очистки стоки из пруда сбрасывались в р. Цну в период паводка. До реконструкции пруд-накопитель и отстойники цеха локальной очистки не были должным образом экранированы, стоки фильтровались через дно отстойников. Условно чистые воды сбрасывались в Архиерейский пруд и во Вронское озеро, а из них в р. Цну. Расходы р. Цны в тот период, а также относительно слабая загрязненность ее вод стоками других предприятий обеспечивали удовлетворительное обезвреживание промстоков путем их разбавления после локальной очистки. Стоки из отстойника неоднократно попадали на пойму из-за аварий на канализационных линиях [12].

Развитие производства привело к загрязнению рек Цны, Чумарса, Архиерейского пруда, озера Вронское, ручья Студенец, которые утратили свое первоначальное значение как источники водоснабжения. Через несколько лет после пуска новых производств

решить проблему нормальной работы предприятия за счет строительства дополнительных прудов и регулирования сброса не представлялось возможным. Были предприняты попытки обезвреживания промстоков на термохимических установках путем их сжигания в циклонных топках, а также было построено сооружение для каталитическо-адсорбционной очистки с биохимической доочисткой. Но все эти методы были по разным причинам неэффективны.

Наиболее рациональным методом утилизации промстоков предприятия был признан метод их закачки в глубокие водоносные горизонты [13, 14]. Были проведены соответствующие исследования для обоснования выбора рабочей толщи (пласты-коллекторы, водоупоры, контрольные горизонты). В качестве эксплуатационного пласта были выбраны проницаемые пачки воробьевского и старооскольского водоносных горизонтов, в качестве резервного эксплуатационного горизонта – ряжский и наблюдательного горизонта – нижнешигровский. Основной водоупор – глинистые пачки верхней части старооскольского горизонта и глинисто-алевролитовые пачки нижней части нижнешигровского горизонта [15, 16].

Загрязнение поверхностных вод

На качество вод поверхностных водных объектов в жилой зоне города негативно влияет снос в водоемы вод с поверхности автомагистралей. В результате работы автомобильного транспорта в воздушную среду города поступают различные загрязняющие вещества: оксиды углерода, продукты сгорания ГСМ (этан, этилен, бензол, толуол, ксилол и др.), оксиды азота, сернистый ангидрид, сажа, тяжелые металлы, а также пыль, образующаяся в результате истирания автомобильных шин, тормозных колодок, муфт сцепления, дорожного покрытия. Загрязняющие вещества, поступающие с выхлопными газами в атмосферу, осаждаются на поверхности земли с пылью и в виде аэрозолей, а затем вместе с атмосферными осадками проникают в почву и подземные воды, часть загрязнителей поступает в поверхностные водные объекты. Поверхностный сток с полотна дороги содержит взвешенные вещества и нефтепродукты (бензин, дизельное топливо, мазут и др.). При работе предприятий обслуживания транспорта в природную среду поступают нефтепродукты; микроэлементы, входящие в состав нефтепродуктов; хлорсодержащие растворители. Однако основными источниками загрязнения поверхностных вод являются промышленные предприятия города, сбрасывающие загрязненные сточные воды в поверхностные водные объекты [17, 18].

По городу Тамбову объем сброса загрязненной воды – 3,60 млн м³; объем сточных вод, требующих очистки, – 38,06 млн м³; объем сброса ливневых вод –

0,26 млн м³; объем сброса загрязненной без очистки воды – 1,02 млн м³ [11].

Кроме рек и ручьев, интенсивному техногенному загрязнению подвержены такие поверхностные водные объекты, как Архирейский пруд и озеро Вронское, которые были использованы как отстойники сточных вод химического предприятия. В настоящее время концентрации загрязнителей в водах данных объектов в десятки и сотни раз превышают предельно допустимые.

На основании вышеизложенного можно сделать вывод, что воздействие на природную среду в городе Тамбове имеет различный характер и интенсивность. По характеру воздействия можно выделить:

а) активный водоотбор из водоносного горизонта, в результате которого формируется обширная депрессионная воронка, нарушая тем самым естественные гидродинамические условия;

б) загрязнение поверхностных водных объектов путем непосредственного сброса стоков предприятия;

в) загрязнение подземных вод путем закачки промышленных стоков в глубокие водоносные горизонты;

г) загрязнение грунтовых вод на территории промышленных предприятий города.

Интенсивность воздействия на водную среду различна в разных районах города. Основную техногенную нагрузку природная среда испытывает в северо-восточной промышленной зоне, в особенности на территории химического предприятия, которое интенсивно загрязняет все компоненты природной среды [10, 19].

Как уже было отмечено, основными источниками загрязнения поверхностных вод являются промышленные предприятия города, сбрасывающие промышленные стоки в поверхностные водные объекты. Ниже приведены данные о химическом составе вод рек и ручьев, протекающих в пределах Тамбовского промышленного района, указаны объемы сбрасываемых сточных вод и массы содержащихся в них загрязняющих веществ по состоянию на 2012 г. Также перечислены предприятия с наибольшим объемом сбрасываемых сточных вод относительно других загрязнителей.

Река Цна – левый приток Мокши (бассейн Волги) – самая длинная река Тамбовской области. Ее протяженность – 446 км, из них более 300 км она протекает по Тамбовской области. Начинается река у с. Мокрая Вершина на высоте 185–190 м на самых юго-западных отрогах Приволжской (Керенско-Чембарской) возвышенности и течет на север, принимая несколько десятков средних и мелких притоков [15]. Цна собирает воду с площади 21 500 км² (из них 14 200 км², или 42,8 %, в Тамбовской области). Русло

Цны проходит через Сампурский, Знаменский, Тамбовский, Сосновский, Моршанский районы.

В пределах Тамбовского промышленного района р. Цна принимает четыре притока. Студенец – левый приток Цны. Начинается двумя истоками в северо-западной части города Тамбова и в балке севернее с. Ласки. Течет по городу в верховье с севера на юг, а затем с запада на восток. Место устья изменено с сооружением дренажного канала р. Цны и находится у моста шоссе на г. Рассказово. Длина – 7 км, площадь бассейна – 16 км². Русло шириной 1–3 м, глубиной 0,5–1,5 м, скорость течения 0,3 м/с, расход воды в летнее время в верхнем течении 60 м³/с, в низовьях 120–140 м³/с. Вода сильно загрязнена городскими стоками. Русло и долина могли бы после реконструкции служить зеленым экологическим коридором города Тамбова [15].

Чумарса и Гаврюшка – почти исчезнувшие малые реки (ручьи), протекавшие в городе Тамбове и впадавшие в Цну слева.

Собачий (Безымянный) – ручей, протекающий по северной окраине города Тамбова. Начинается из притеррасовых болот к западу от с. Красненькое, течет на восток. Длина – 3 км. Расход воды в среднем течении 40 м³/с. Русло ручья изменено. В нижней половине течения он принимает стоки нескольких заводов Тамбова и ТЭЦ, превращаясь в сточную канаву, несущую до 0,5 м³/с неочищенных промышленных стоков в р. Цну.

Пяшкиль – левый приток р. Цны. Течет на восток от коренного склона Цны через с. Донское. Длина – 5 км, течение слабое, русло шириной 2–4 м.

В незагрязненных участках выше по течению от Тамбовского промышленного района вода Цны имеет сульфатно-гидрокарбонатный натриево-кальциевый состав, умеренно щелочную реакцию (рН 7,0–7,3) и невысокую минерализацию (0,4–0,6 г/дм³). Жесткость воды изменяется в пределах 4,5–5 ммоль/дм³, содержание железа 0,08–0,1 мг/дм³. Постоянно отмечается присутствие активных солей азота: аммония, нитрита, нитрата – в количествах, не превышающих предельно допустимые концентрации для водоемов рыбохозяйственного назначения (вода р. Цны в пределах города Тамбова не используется для хозяйственно-питьевого водоснабжения).

В пределах Тамбовского промышленного района происходит трансформация химического состава как подземных вод верхнего неоген-четвертичного горизонта, так и воды р. Цны и ее притоков. Появляются локальные участки развития сульфатно-хлоридных магниевых-кальциевых вод повышенной минерализации (1,2–1,6 г/дм³) и щелочности (рН 7,6–7,8). Воды становятся более жесткими (7,5–7,7 ммоль/дм³) и железистыми (0,1–0,3 мг/дм³). Наиболее существен-

ные изменения в химическом составе техногенно-преобразованных вод проявляются в изменении приоритетных компонентов, каковыми являются аммоний, железо и показатель биологического поглощения кислорода [11, 20].

Прослежена динамика изменения концентрации азота аммонийного за период 2007–2008 гг. в пределах города Тамбова (р. Цна, район ТЭЦ). В целом содержание NH_4^+ не превышает предельно допустимой концентрации, и только в первом квартале 2008 г. наблюдалось резкое, почти в 2 раза, возрастание содержания этого компонента относительно предельно допустимого значения, что можно объяснить эпизодическим увеличением уровня загрязнения водной среды (рис. 1).

В отличие от аммонийного азота железо практически повсеместно накапливается в воде выше предельно допустимого уровня (рис. 2). При этом наиболее высокие содержания железа отмечаются в зимне-весенний период (превышение предельной

нормы в 3 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.

Изменение показателя биологического поглощения кислорода носит циклический характер (рис. 3). Довольно низкие значения, характерные для весеннего периода, чередуются с более высокими показателями в осенне-зимний период. Однако среднегодовые значения в основном превышают предельное значение этого показателя в 1,5–2,5 раза. Причина заключается не столько в природно-сезонных колебаниях количества затраченного и генерируемого кислорода, сколько в устойчивом продолжительном загрязнении водного бассейна, влияющего на кислородный режим.

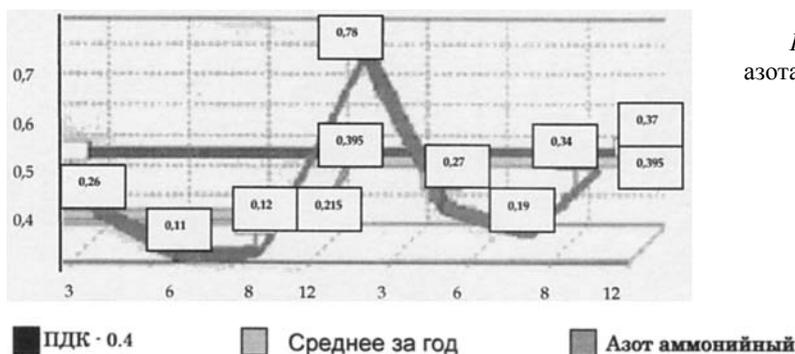


Рис. 1. Динамика изменения концентрации азота аммонийного за период 2007–2008 гг. (мг/дм³)

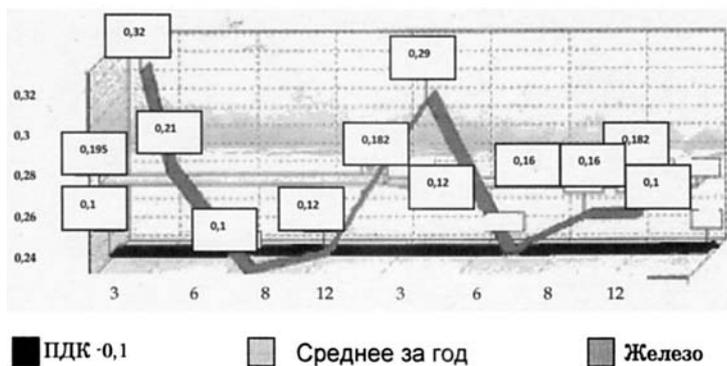


Рис. 2. Динамика изменения концентрации железа за период 2007–2008 гг. (мг/дм³)



Рис. 3. Динамика изменения показателя БПК-5 за период 2007–2008 гг. (мг/дм³)

В водах р. Цны, в створе ниже города Тамбова, также фиксируется повышенное содержание фосфатов – 2,2 ПДК, или 0,440 мг/дм³; нефтепродуктов 1,43 ПДК, или 0,072 мг/дм³; нитритов – 2,99 ПДК, или 0,239 мг/дм³.

Практически все крупные предприятия Тамбова участвуют в загрязнении р. Цны и ее притоков. В основном осуществляется сброс отработанных вод без очистки и недостаточно очищенных. Биологической очистке подвергаются только воды, поступающие с ОАО «Водоканал». Все это пагубно отражается на санитарно-гигиеническом состоянии водной среды.

Загрязнение подземных вод

Для анализа динамики изменения химического состава подземных вод среднефаменского водоносного горизонта были обобщены сведения о составе вод в периоды до начала интенсивного водоотбора и в последующие годы.

При рассмотрении динамики изменения химического состава подземных вод основное внимание было уделено анализу показателей, являющихся приоритетными для исследуемой территории. Для оценки качества подземных вод на основе анализа результатов мониторинга выбраны три группы показателей:

1) входящие в группу приоритетных: железо, литий, барий, бром, марганец, фториды, кремний;

2) необходимые для оценки природно-техногенных условий формирования химического состава подземных вод: общий химический состав, включая величины минерализации (сухого остатка) и общей жесткости;

3) характеризующие техногенное загрязнение подземных вод: перманганатная окисляемость, ХПК, фенолы, аммоний, нефтепродукты [21, 22].

Показатели органического загрязнения характерны для территории промплощадки ОАО «Пигмент». Окисляемость выбрана как обобщенный показатель органического загрязнения, фенолы – как специфический компонент, отсутствующий в воде, не подверженной техногенному загрязнению.

Прослежена динамика изменения приоритетных показателей состава подземных вод на водозаборах города, расположенных вне северной промышленной зоны. Выявлены водозаборы с превышением концентраций компонентов, связанным с откачкой подземных вод из целевого горизонта, а также с непосредственным загрязнением подземных вод компонентами техногенеза.

Водозабор «Южный», эксплуатируемый с 1950 г., расположен на первой надпойменной террасе р. Цны (абс. отм. поверхности земли 122,8–123,5 м). Водозабор работает на утвержденных по категории А

эксплуатационных запасах подземных вод, величина которых составляет 22,0 тыс. м³/сут.

За период с начала эксплуатации по 2012 г. количество скважин на водозаборе возросло с 1 до 17. Суммарный водоотбор ($Q_{\text{сум}}$) за время эксплуатации изменялся от 2,4 до 24,5 тыс. м³/сут. С 1975 г. водозабор работает на полную мощность, даже с некоторым превышением утвержденных запасов. В настоящее время на водозаборе работает 12 скважин с $Q_{\text{сум}}$, равным в среднем 20–24 тыс. м³/сут, что является одним из самых больших показателей водоотбора.

В пределах водозабора находится куст федеральной сети, состоящий из двух наблюдательных скважин: на валанжинский и среднефаменский водоносные горизонты. Среднегодовая величина уровня среднефаменского горизонта $H_{\text{fm}} = 86,0\text{--}92,0$, соответственно понижение уровня в эксплуатационном пласте S_{fm} за весь период эксплуатации составило 30,0–36,0 м. Перепад напоров между среднефаменским и валанжинским горизонтами на участке водозабора $H_{\text{fm}} - H_{\text{v}} = 1,5$ м.

С началом использования водозабора на максимальных значениях годового дебита скважин наметилась тенденция увеличения показателя минерализации вод и их жесткости. Также в подземных водах отмечалось превышение предельно допустимых концентраций по значительному числу компонентов: железу, марганцу, литию, кремнию, бром, бериллию, нефтепродуктам, фенолам.

Концентрации в диапазоне 0,5–1 ПДК зафиксированы для минерализации, бария, фторидов, перманганатной окисляемости.

Наиболее существенно загрязнение подземных вод нефтепродуктами, железом и бериллием. Концентрация железа в период наблюдения изменялась в пределах от 0,3 до 3,6 мг/дм³ (1–12 ПДК), наибольшее содержание нефтепродуктов зафиксировано в 2005 г. (до 18 ПДК). Опробование в 2007 г. показало наличие нефтепродуктов в менее значительных концентрациях (1,3 ПДК), что свидетельствует о постоянном загрязнении подземных вод данными компонентами. За период наблюдения отмечаются тенденции к снижению величины перманганатной окисляемости и увеличению концентрации иона аммония [8, 9].

При опробовании в 2007 г. отмечалось повышенное содержание в подземных водах железа, лития, брома, нефтепродуктов, а концентрации выше 0,5 ПДК – по барии и фторидам. Наиболее значительно содержание железа (9,5 ПДК).

Поступление загрязнителей в воды среднефаменского водоносного горизонта на данном водозаборе связано с подтягиванием вод из смежных вышележащих горизонтов, вызванным активным водоотбором

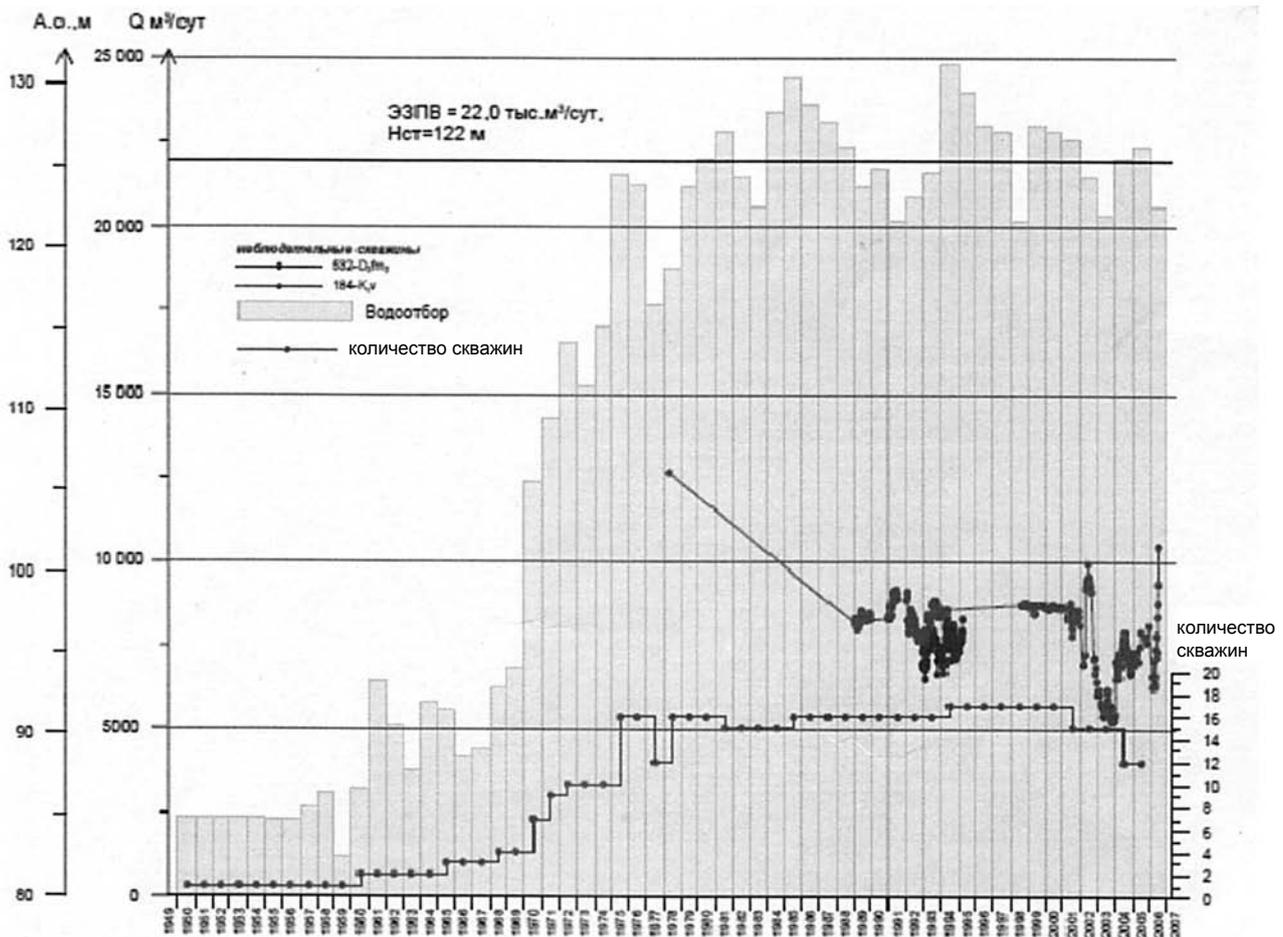


Рис. 4. График суммарного водоотбора и уровней в наблюдательной скважине на валанжинский водоносный горизонт

при сочетании с природным фактором – наличием фильтрационного окна в юрском слабопроницаемом пласте.

На графиках изменения суммарного водоотбора и уровней в наблюдательной скважине на валанжинский водоносный горизонт (рис. 4), видно, что зависимость имеет прямую направленность, что говорит о перетекании вод из других водоносных горизонтов.

Водозабор «Покрово-Пригородный» расположен на юго-западной окраине города, размеры участка 1100×1400 м (абс. отм. поверхности земли 160,0 м). Водозабор работает на утвержденных запасах, величина которых составляет 20,0 тыс. м³/сут. Водозабор начал эксплуатироваться в 1956 г. и до 1976 г. работал с $Q_{\text{сум}}$ 1,7–4,3 тыс. м³/сут. Начиная с 1981 г. водозабор работает с $Q_{\text{сум}}$, близким к величине утвержденных запасов (17,0–18,0 тыс. м³/сут).

Специально оборудованных наблюдательных скважин на водозаборе нет, среднегодовая величина $H_{\text{гн}} = 95,0–108,1$ м, соответственно $S_{\text{гн}}$ за весь период эксплуатации составило 22,9–36,0 м.

Превышение предельно допустимых концентраций компонентов в подземных водах наблюдалось по

жесткости, железу, литию, в 2012 г. было обнаружено повышенное содержание нефтепродуктов (до 12 ПДК), что, однако, не было подтверждено опробованием в последующем. Концентрации в диапазоне 0,5–1 ПДК отмечены по минерализации, марганцу, барью, фторидам, бромю, кремнию. Намечаются незначительные тенденции к увеличению содержания иона аммония и уменьшению величины перманганатной окисляемости.

При опробовании в 2007 г. отмечалось повышенное содержание в подземных водах железа и кремния. Концентрации выше 0,5 ПДК зафиксированы по литию и фторидам.

Водозабор «Инпродромный» расположен в центральной части города. Участок размером 600 × 1350 м вытянут вдоль ручья Студенец (абс. отм. поверхности земли 140,0 м). Водозабор работает на утвержденных запасах, величина которых составляет 20,0 тыс. м³/сут. Участок введен в эксплуатацию в 1956 г., до 1970 г. $Q_{\text{сум}}$ водозабора составляло 8,0 тыс. м³/сут, и далее до 2005 г. водозабор работал с $Q_{\text{сум}}$ 15,0–16,0 тыс. м³/сут, что на 20 % ниже величины утвержденных запасов. В 2012 г. работало 7 скважин с $Q_{\text{сум}}$ 11,2 тыс. м³/сут.

На участке водозабора расположен ярусный куст скважин федеральной сети, однако наблюдения проводятся только по одной скважине, оборудованной на задонско-елецкий водоносный горизонт. Уровень подземных вод эксплуатируемого водоносного горизонта в 2012 г. составил $H_{\text{fm}} = 88,3\text{--}95,5$, соответственно понижение за весь период эксплуатации $S_{\text{fm}} = 32,5\text{--}39,7$.

Превышение ПДК отмечалось по многим показателям: жесткости, железу, литию, бром, кремнию, нефтепродуктам, фенолам, этилбензолу, крезолу. Концентрации в диапазоне 0,5–1,0 ПДК зафиксированы для минерализации, фторидов, марганца, ртути, ксилола.

Наиболее высокий уровень загрязнения в течение периода наблюдения установлен по нефтепродуктам (16,2 ПДК), однако загрязнение носило эпизодический характер. Повышенное содержание в подземных водах железа стабильно в течение всего периода.

Величина перманганатной окисляемости и содержание иона аммония в подземных водах не превышали 0,3 ПДК. В целом в период наблюдения тенденция изменения содержания данных компонентов не прослеживается.

При опробовании в 2012 г. отмечено повышенное содержание в подземных водах железа, лития, кремния, нефтепродуктов, а концентрации выше 0,5 ПДК – только по фторидам. Наиболее значительно содержание в водах железа (4,0 ПДК).

Данный водозабор расположен в пределах фильтрационного окна в юрском слабопроницаемом пласте, что также влияет на условия защищенности среднефаменского водоносного горизонта от загрязнения водами вышележащих водоносных горизонтов.

Водозабор «Красненский» находится в северной части города, размеры участка 90×1200 м (абс. отм. поверхности земли 130,0 м). Водозабор работает на утвержденных запасах, величина которых составляет 40,0 тыс. м³/сут, (категория А – 30 тыс. м³/сут, категория В – 10,0 тыс. м³/сут). Участок введен в эксплуатацию в 1968 г. С 1968 по 1972 г. на водозаборе работало 9 скважин с $Q_{\text{сум}} 15,0\text{--}17$ тыс. м³/сут, в период 1973–1981 гг. водоотбор достигал величины 24,0 тыс. м³/сут (9–12 скважин), с 1982 г. наблюдается снижение водоотбора с 16,2 тыс. м³/сут до 5,0 тыс. м³/сут. В 2006 г. водоотбор производился пятью скважинами в количестве 4,0 тыс. м³/сут.

Наблюдения за уровнями подземных вод проводились на участке водозабора по двум скважинам федеральной сети. Уровень подземных вод среднефаменского водоносного горизонта в процессе эксплуатации снизился с 124,0 до 74,0 м ($S_{\text{max}} = 50,0$ м) и затем в связи с уменьшением $Q_{\text{сум}}$ к 2006 г. поднялся до отметки 90,0 м ($S_{\text{fm}} = 34,0$ м). Разница в

уровнях среднефаменского и валанжинского водоносных горизонтов при максимальном водоотборе составила 37,0 м, а в 2006 г. – 32,0 м. Большой перепад напоров наблюдается в паре скважин федеральной сети $H_{\text{fm}} - H_{\text{v}} = 45,0$ м, что связано с влиянием эксплуатации среднефаменского горизонта на водозаборе «Полковой». Перепад уровней между среднефаменским и апт-альбским водоносными горизонтами, южнее водозабора «Красненский», составил в период проведения в них наблюдений (1989–1998 гг.) 32,0 м. Столь значительные величины перепадов напоров в гидрогеологическом разрезе свидетельствуют об отсутствии на этом участке фильтрационного окна в юрском горизонте [17, 23].

Превышение предельно допустимых концентраций в подземных водах было отмечено по жесткости, железу, кремнию и литию. Концентрации, равные ПДК, зафиксированы для марганца, мышьяка и хрома, концентрации от 0,5 до 1,0 ПДК – для минерализации, фторидов, брома и фенолов.

За период наблюдения с 1978 по 2007 г. произошло наиболее значительное повышение содержания железа в подземных водах, менее существенны концентрации лития и кремния. Величина перманганатной окисляемости и содержание аммония не превышали 0,4 ПДК.

В целом уровень загрязнения подземных вод на водозаборе невысокий и не превышает 2 ПДК. При опробовании в 2012 г. несоответствие нормативам отмечено по железу (1,9 ПДК), нефтепродуктам (1,9 ПДК) и литию (1,3 ПДК), а концентрации выше 0,5 ПДК – по кремнию и бром.

Водозабор «Полковой» находится севернее Тамбова (за чертой города), размеры участка 1500×2600 м (абс. отм. поверхности земли 130,0 м). Водозабор работает на утвержденных запасах, величина которых составляет 40,0 тыс. м³/сут (категория А – 24,3 тыс. м³/сут, категория В – 15,7 тыс. м³/сут). Водозабор введен в эксплуатацию в 1976 г. при работе пяти скважин с суммарным водоотбором 5,0 тыс. м³/сут. В последующие десять лет в работу было введено еще 15 скважин, при этом водоотбор возрос до 32,3 тыс. м³/сут. В дальнейшем водозабор работал с $Q_{\text{сум}} 25,3\text{--}32,3$ тыс. м³/сут (19–29 скважин). В 2006 г. на участке работало 19 скважин с $Q_{\text{сум}} 31,6$ тыс. м³/сут.

На участке водозабора расположено два куста федеральной сети мониторинга, данные по которым свидетельствуют о том, что понижение за весь срок эксплуатации в среднефаменском водоносном горизонте составляет 46,0 м, а перепад напоров между среднефаменским и валанжинским горизонтами 46,0 м. Перепад напоров между апт-альбским и валанжинским горизонтами на участке водозабора, по-видимому, соответствует величине, характерной для естественных условий [17, 23].

Три наблюдательные скважины на среднефаменский водоносный горизонт расположены за пределами водозабора, вблизи его границы, уровень подземных вод в них в 2006 г. составил 94,1, 76,7, 74,2, а понижения – 27,9, 45,3, 47,8. Таким образом, депрессионная воронка, сформировавшаяся на водозаборе «Полковой», достаточно крутая, поскольку здесь на небольшом участке отбирается около 30 тыс. м³/сут.

За время наблюдения за изменением химического состава подземных вод на водозаборе превышение предельно допустимых концентраций отмечено по следующим компонентам: железу, марганцу, бромю, фенолам и литию. В диапазоне 0,5–1 ПДК зафиксированы жесткость, минерализация, фториды, аммоний и перманганатная окисляемость. Содержание аммония, в основном, не превышало 0,5 ПДК, но наблюдается тенденция постепенного увеличения содержания данного компонента.

При опробовании в 2012 г. несоответствие нормативам отмечено по железу (1,2 ПДК), литию (1,5 ПДК), бромю (1,7 ПДК), нефтепродуктам (2,2 ПДК), а концентрации выше 0,5 ПДК – по фторидам и кремнию (фенолы не определялись).

Достаточно благоприятная гидрогеохимическая обстановка, складывающаяся на водозаборе со столь большими объемами добычи подземных вод и крутой депрессионной воронкой, связана с хорошей защищенностью целевого водоносного горизонта, в частности, с наличием разделяющего юрского слабопроницаемого пласта [6].

Рост промышленного производства в городах неизбежно ведет к увеличению техногенной нагрузки на окружающую среду. Несовершенство средств и методов снижения влияния работы промышленных предприятий на поверхностные, подземные воды, почву и воздух, а также малая заинтересованность человека в решении проблем экологии привели к тому, что в большинстве городов, где темпы промышленного роста в начале прошлого века были высокими, сформировались устойчивые очаги загрязнения водных природных объектов [21, 24, 25].

В наибольшей степени подвержены загрязнению поверхностные и грунтовые воды, так как они наименее защищены от губительного влияния предприятий, выбросов загрязнителей в атмосферу, сбросов жидких отходов на поля фильтрации и непосредственно в природные водоемы.

В городе Тамбове загрязнению подвержен горизонт, являющийся основным источником пресной воды для питьевого водоснабжения города. Основные источники загрязнения среднефаменского водоносного горизонта расположены на территории предприятия химического цикла, которое на протяжении десятилетий производит закачку жидких

промстоков в глубокие горизонты, создавая тем самым опасность загрязнения вышележащих мелового и четвертичного водоносных комплексов, воды которых используются для питьевого и хозяйственного водоснабжения.

Как установлено, основными источниками загрязнения поверхностных вод являются непосредственный сброс загрязненных вод в водоемы и снос загрязнителей с поверхности земли в районах расположения очагов загрязнения почв химическими компонентами.

Для защиты водоемов, а также улучшения общей экологической ситуации в районе следует принять ряд мер. В числе первых необходимых решений стоит ликвидация шламовых полей, используемых на территории ОАО «Пигмент», как основных очагов загрязнения поверхностных вод и вод первого от поверхности водоносного горизонта. За десятилетия работы шламовых полей и прудов-накопителей жидких отходов концентрации загрязнителей в почвах и грунтах значительно увеличились. При ликвидации данных участков необходимо поэтапное замещение загрязненных грунтов чистыми с применением адсорбирующих материалов. В качестве сорбента могут быть использованы материалы на основе глауконита, а также нанокремниевые продукты. На первом этапе работ по ликвидации прудов-накопителей нужно произвести откачку и дальнейшую переработку жидких отходов до появления чистых или нормативно-чистых вод, которые можно будет сбросить в р. Цну. В случае невозможности доведения вод до состояния чистых возникает необходимость их закачки в глубокие горизонты.

Установлена возможность использования известковых отходов как альтернативного материала для нейтрализации стоков и ликвидации прудов-накопителей предприятия. Исследованиями центральной лаборатории ОАО «Пигмент» установлена эффективность обезвреживания иловых шламов прудов указанными известковыми отходами [8, 9].

Наиболее перспективен вариант откачки из прудов кислого стока, нейтрализации ила и нанесения известковых отходов. При этом могут быть использованы как жидкие отходы (пульпа), так и известковый порошок. Кроме действующих прудов существует несколько участков, где ранее располагались отстойники, которые были выведены из эксплуатации, однако должной обработки и ликвидации отходов проведено не было.

Ликвидация прудов-накопителей, действующих на территории ОАО «Пигмент» в настоящий момент, является приоритетной задачей для сокращения негативного техногенного влияния на водные объекты в городе Тамбове, однако на данном этапе развития

технологий по переработке промышленных отходов совсем без накопителей обойтись невозможно. Поэтому необходимо спроектировать и ввести в эксплуатацию накопитель закрытого типа, исключающий проникновение химических компонентов как в грунт, так и в воздушную среду. Режим эксплуатации и мониторинга пруда-накопителя должен соответствовать правилам безопасности гидротехнических сооружений накопителей жидких промышленных отходов.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Питьева К. Е.* Гидрогеохимические аспекты охраны окружающей среды / К. Е. Питьева. – М. : Изд-во Моск. ун-та, 1984. – 222 с.
2. *Смирнова А. Я.* Экология подземных вод бассейна Верхнего Дона / А. Я. Смирнова, А. И. Бородкин. – Воронеж : Воронеж. гос. ун-т, 2003. – 180 с.
3. *Боревский Б. В.* Методические рекомендации по выявлению, обследованию, паспортизации и оценке экологической опасности очагов загрязнения геологической среды нефтепродуктами / Б. В. Боревский. – М. : ГИДЭК, 2000. – 86 с.
4. *Бочаров В. Л.* К проблеме загрязнения окружающей среды соединениями азота на промышленно-урбанизированных территориях / В. Л. Бочаров, А. Я. Смирнова, Л. Н. Строгонова // Сергеевские чтения. Вып. 4. Материалы годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии. – М. : ГЕОС, 2002. – С. 186–190.
5. *Бочаров В. Л.* Эколого-экономические проблемы рационального использования водных ресурсов Российской Федерации на перспективу до 2005 года / В. Л. Бочаров, А. Я. Смирнова, В. С. Стародубцев // Высокие технологии в экологии. Тр. Междунар. науч.-практ. конф. Ч. 2. – Воронеж : Менеджер, 1998. – С. 69–72.
6. *Гольдберг В. М.* Взаимосвязь загрязнения подземных вод и природной среды / В. М. Гольдберг. – Л. : Гидрометеиздат, 1987. – 248 с.
7. *Питьевая вода.* Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Санитарные правила и нормы (СанПиН 2.1.4.559-02). – М., 2002. – 111 с.
8. *Бочаров В. Л.* Оценка воздействия химического предприятия ОАО «Пигмент» (г. Тамбов) на гидросферу / В. Л. Бочаров, Л. Н. Строгонова // Высокие технологии в экологии. Тр. 8-й Междунар. науч.-практ. конф. – Воронеж : Менеджер, 2005. – С. 267–270.
9. *Бердников А. А.* Динамика изменения экологически 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 : сб. науч. ст. – Воронеж : Изд.-полиграф. центр Воронеж. гос. ун-та, 2009. – С. 63–67.
10. *Инякина Е. Е.* Производственный комплекс / Е. Е. Инякина // Тамбовская лесостепь : природа и общество. – Тамбов : Изд. дом ТГУ им. Г. Р. Державина, 2013. – С. 241–272.
11. *Бердников А. А.* Техногенное преобразование химического состава подземных и поверхностных вод в Тамбовском промышленном районе / А. А. Бердников // Вестник Воронеж. гос. ун-та. Сер.: Геология. – 2011. – № 2. – С. 230–233.
12. *Бердников А. А.* Гидрогеологические условия и качество подземных вод девонского комплекса Тамбовского промышленного района / А. А. Бердников // Геология в развивающемся мире : материалы I Всерос. науч.-практ. конф. студ., асп. и молодых ученых. – Пермь : Изд-во Перм. ун-та, 2010. – Т. 2. – С. 49–51.
13. *Берест А. В.* Геология и гидрогеология Тамбовской моноклинали / А. В. Берест, В. Г. Берест // Тамбовская лесостепь : природа и общество. – Тамбов : Изд. дом ТГУ им. Г. Р. Державина, 2013. – С. 47–68.
14. *Вервекина Н. В.* Исследование влияния ЗАО «ТАМАК» (Тамбовский р-н, п. Бокино) на экологическое состояние р. Жигалка / Н. В. Вервекина, Г. Г. Бердникова, О. В. Алехина // Вестник Тамбов. гос. ун-та. Сер.: Естественные и технические науки. – 2013. – Т. 18, вып. 3. – С. 957–960.
15. *Дудник С. Н.* Водные ресурсы / С. Н. Дудник, И. В. Дубровина // Тамбовская лесостепь : природа и общество. – Тамбов : Изд. дом ТГУ им. Г. Р. Державина, 2013. – С. 112–130.
16. *Савко А. Д.* Геология Воронежской антеклизы / А. Д. Савко. – Воронеж : Изд-во Воронеж. гос. ун-та, 2002. – 165 с.
17. *Зинюков Ю. М.* Современное состояние подземных вод основного эксплуатационного горизонта г. Тамбова и его окрестностей / Ю. М. Зинюков [и др.] // Экология ЦЧО РФ. – 2006. – № 1 (16). – С. 53–54.
18. *Зинюков Ю. М.* Оценка качества грунтовых вод, используемых для питьевого водоснабжения в Тамбовской области / Ю. М. Зинюков, С. П. Пасмарнова, А. М. Паневин // Экология центрально-черноземных областей Российской Федерации : материалы 2-й науч.-практ. конф. – Липецк : Изд-во Липецк. гос. тех. ун-та, 2005. – № 2. – С. 102–105.
19. *Тютюнова Т. И.* Гидрогеохимия техногенеза / Т. И. Тютюнова. – М. : Наука, 1987. – 335 с.
20. *Бочаров В. Л.* Мониторинг природно-технических экосистем / В. Л. Бочаров, Ю. М. Зинюков, Л. А. Смоляницкий. – Воронеж : Истоки, 2000. – 226 с.
21. *Боревский Б. В.* Современные проблемы и задачи изучения и использования ресурсов питьевых подземных вод / Б. В. Боревский, Л. С. Язвин, М. В. Кочетко // Современные проблемы и использование питьевых подземных вод : материалы Всерос. совещ. – М. : ГИДЭК, 2013. – С. 17–25.
22. *Зекцер И. С.* Современное состояние региональной оценки и картографирования подземных вод и ресурсов подземных вод / И. С. Зекцер // Гидрогеология сегодня и завтра : наука, образование, практика : материалы Междунар. науч. конф. – М. : МАКС Пресс, 2013. – С. 25–31.
23. *Смолянинов В. М.* Подземные воды Центрально-Черноземного региона : условия их формирования и ис-

пользования / В. М. Смольянинов. – Воронеж : Истоки, 2003. – 240 с.

24. Федотов В. И. Региональные аспекты экологической политики / В. И. Федотов, С. А. Куролап // Вестник Воронеж. гос. ун-та. Сер.: География и геоэкология. – 2002. – № 1. – С. 136–138.

Воронежский государственный университет

Бочаров В. Л., доктор геолого-минералогических наук, профессор, заведующий кафедрой гидрогеологии, инженерной геологии и геоэкологии

E-mail: gidrolog@mail.ru

Тел.: 8-473-220-89-80

Бердников А. А., аспирант кафедры гидрогеологии, инженерной геологии и геоэкологии

E-mail: gidrolog@mail.ru

Тел.: 8-473-220-89-80

Строгонова Л. Н., кандидат географических наук, доцент кафедры гидрогеологии, инженерной геологии и геоэкологии

E-mail: gidrolog@mail.ru

Тел.: 8-473-220-89-80

25. Фирсова Н. В. Урбогеосистемы Центрально-Черноземного региона. Природно-ландшафтные особенности, типология, землепользование / Н. В. Фирсова. – Воронеж : Воронеж. гос. арх.-строит. ун-т, 2012. – 269 с.

Voronezh State University

Bocharov V. L., Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Professor, Head of the Hydrogeology, Engineering Geology and Geoecology Department

E-mail: gidrolog@mail.ru

Tel.: 8-473-220-89-80

Berdnikov A. A., Post-graduate Student of the Hydrogeology, Engineering Geology and Geoecology Department

E-mail: gidrolog@mail.ru

Tel.: 8-473-220-89-80

Strogonova L. N., Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor of the Hydrogeology, Engineering Geology and Geoecology Department

E-mail: gidrolog@mail.ru

Tel.: 8-473-220-89-80