

ЭКОЛОГО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВОД РЕКРЕАЦИОННЫХ ЗОН БЛИЖНЕГО ПОДВОРОНЕЖЬЯ

М. О. Маслова, Т. И. Прожорина, Н. И. Якунина

Воронежский государственный университет, Россия

Поступила в редакцию 25 октября 2014 г.

Аннотация: В данной статье приведены результаты эколого-химического исследования качества природных поверхностных вод области в популярных местах отдыха Ближнего Подворонежья. Кроме того, рассмотрены возможные причины загрязнения вод.

Ключевые слова: качество вод, концентрации тяжелых металлов, рекреационные зоны, причины загрязнения поверхностных вод.

Abstract: The article provides the results of ecological and chemical studies of the quality of natural open water resources of the region in the popular recreation places of near Voronezh areas. Besides, possible reasons of water pollution are considered in the article.

Key words: quality of waters, concentrations of heavy metals, recreational areas, the causes of surface waters pollution.

Экологическая ситуация урбанизированных регионов формируется под воздействием комплекса природных и техногенных факторов среды обитания, среди которых ведущее значение имеет водный фактор. Интенсивное воздействие на поверхностные водные ресурсы вблизи крупных промышленных городов приводит к прогрессирующему ухудшению качества воды и, как следствие, – снижению качества питьевого и рекреационного водопользования, что увеличивает экологический риск для населения.

В этой связи весьма актуальны региональные исследования по оценке роли природных и техногенных факторов, формирующих условия водопользования в индустриальных регионах, что в полной мере справедливо и для города Воронежа, расположенного в «водонапряженном» регионе с интенсивным техногенным воздействием на водные ресурсы, слабой естественной защищенностью источников водопользования от антропогенного загрязнения и достаточно низким качеством питьевого и рекреационного водопользования в целом.

Целью исследований является эколого-аналитическая оценка качества вод рекреационных зон Ближнего Подворонежья для создания баз отды-

ха, туристических баз, санаториев, детских лагерей, спортивных комплексов.

С учетом наиболее интенсивной антропогенной, в том числе рекреационной, нагрузки на водные ресурсы вблизи областного центра в качестве пригородной зоны нами выделена ближайшая 20 – км зона, ограничивающая территорию Воронежа, которую по определению Ф. Н. Милькова (1983) можно определить как Ближнее Подворонежье.

Объектами исследований были выбраны популярные места отдыха населения: Воронежское водохранилище, р. Дон, р. Воронеж, р. Усмань, пруды Ближнего Подворонежья.

Химический анализ воды проводился в эколого-аналитической лаборатории факультета географии, геоэкологии и туризма ВГУ с применением следующих методов анализа: органолептический, потенциометрический, колориметрический, титриметрический, вольтамперометрический и расчетный. Отбор разовых проб воды осуществлялся на расстоянии 1,5-2,0 м от берега реки, с поверхностного слоя 30-50 см с помощью батометра, согласно правилам, приведенным в ГОСТ [2]. Работа проводилась в летний период (июнь-июль) 2014 г. Всего было отобрано 20 проб воды (рис. 1, таблица 1).

Первым этапом оценки качества воды является проведение органолептических исследований,

Места отбора проб воды и их краткая характеристика

Номер пробы	Водный объект	Место отбора пробы	Характеристика пляжа
1	2	3	4
1	Воронежское водохранилище	Пляж санатория им. М. Горького, г. Воронеж	Закрытый песчаный пляж для отдыхающих санатория. Асфальтированная дорога к пляжу от санатория.
2	Воронежское водохранилище	В 300 м выше точки № 1, г. Воронеж	Неорганизованный песчаный пляж. Большинство отдыхающих – жители пос. Рыбачий. Не имеет подъезда для автомобилей.
3	р. Воронеж	Пляж базы отдыха «Немецкая слобода», с. Чертовицы, Рамонский район	Пляж с травянистым берегом и песчаным дном. На территории есть платная парковка и развлекательный комплекс. Охрана территории.
4	р. Воронеж	Пляж «Багратиони», Рамонский район	Песчаный пляж с платной парковкой и объектами питания. Охрана территории.
5	р. Дон	Пляж г. Семилуки, Семилукский район	Необустроенный песчаный пляж.
6	р. Дон	Пляж туристической базы «Донгор», Семилукский район	Неорганизованный пляж с илистым дном. Не имеет обустроенного подъезда для автомобилей. Популярное место рыбной ловли.
7	р. Усмань	Пляж микрорайона «Сомово», г. Воронеж	Песчаный пляж с бесплатным паркингом.
8	р. Усмань	Пляж микрорайона «Боровое», г. Воронеж	Необустроенный песчаный пляж.
9	р. Ведуга	Пляж с. Терновое, Семилукский район	Необустроенный пляж с илистым дном. Место купания жителей ближайших деревень и дачных кооперативов. Для реки характерно обилие холодных ключей и быстрое течение, что делает пляж опасным для купания.
10	Пруд с. Богоявленовка	Пляж с. Богоявленовка, Семилукский район	Сеть необустроенных пляжей. Популярное место отдыха жителей ближайших деревень, дачных кооперативов и приезжих горожан, так как пруд имеет большую площадь и глубину.
11	р. Трещевка	Пляж с. Приволье, Семилукский район	Необустроенный пляж с илистым дном.

1	2	3	4
12	Пруд с. Медвежье	Пляж с. Медвежье, Семилукский район	Необорудованный песчаный пляж. Популярное место отдыха, как жителей ближайших населенных пунктов, так и жителей г. Воронежа.
13	Пруд с. Каверье	Пляж с. Каверье, Семилукский район	Необорудованный пляж, эвтрофированный водоем с илистым дном.
14	р. Усмань	Пляж базы отдыха «Солнечная поляна», Новоусманский район	Организованный песчаный пляж.
15	р. Усмань	Пляж базы отдыха «Солнечная поляна», Новоусманский район	Организованный песчаный пляж.
16	р. Усмань	Пляж базы отдыха «Коминтерновец», Новоусманский район	Необорудованный песчаный пляж.
17	р. Усмань	Пляж базы отдыха «Коминтерновец», Новоусманский район	Необорудованный песчаный пляж.
18	р. Усмань	Пляж загородного клуба «Лесная сказка», Рамонской район	Необорудованный песчаный пляж.
19	р. Усмань	Пляж загородного клуба «Лесная сказка», Рамонской район	Необорудованный песчаный пляж.
20	р. Усмань	ФГБУ «Воронежский Государственный природный биосферный заповедник», Рамонский район	Место купания работников и волонтеров заповедника.

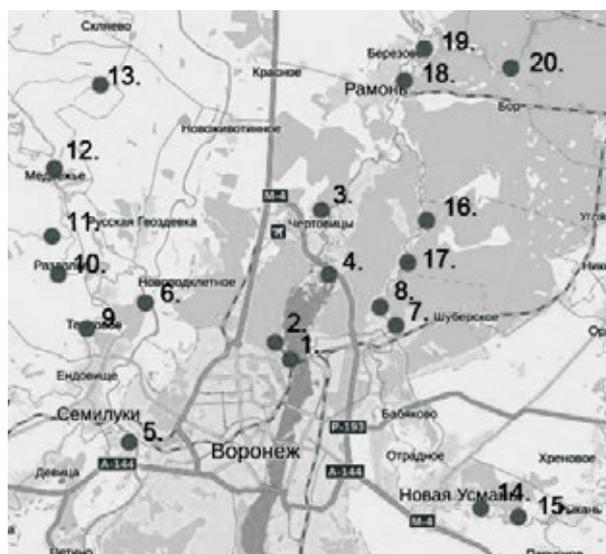


Рис. 1. Места отбора проб воды

к которым относится визуальная оценка интенсивности цветности воды, прозрачности, характера и интенсивности запаха, характера и количества осадка (таблица 2).

Согласно результатам органолептических исследований наибольшей цветностью обладают воды р. Дон и прудов. Цветность вод объясняется наличием в водоеме тонкодисперсных взвесей естественного или антропогенного происхождения. Повышенные значения цветности прудов связаны с закрытым характером данных водных систем, наличием илистого дна, отсутствием течения и процессов интенсивного разбавления. Высокие значения цветности вод р. Дон объясняются высокой нагрузкой со стороны промышленных и сельскохозяйственных предприятий.

Наиболее интенсивным запахом обладают воды р. Дон и Воронежского водохранилища, что

Органолептические показатели качества вод

Водный объект	Характеристика осадка (количество, вид, цвет)	Характеристика запаха (интенсивность в баллах, вид запаха)	Диапазон значений прозрачности, см столба жидкости	Диапазон значений цветности, градусы
Воронежское водохранилище	незначительный хлопьевидный бурый	3-4 балла землистый	более 30	25-30
р. Воронеж	незначительный песчаный, хлопьевидный бурый	1-2 балла землистый	более 30	15-30
р. Дон	незначительный песчаный бурый, желтый	2-4 балла землистый, рыбный	4-30	30-60
р. Усмань	незначительный хлопьевидный, песчаный бурый, желтый	1-2 балла рыбный	20-30	20-40
р. Ведуга	заметный илистый бурый	1 балл рыбный	20	30
р. Трещевка	большой илистый бурый	1 балл рыбный	более 30	20
Пруды	незначительный, заметный илистый, хлопьевидный бурый	1-2 балла рыбный, землистый	более 30	20-60

связано, в первую очередь, с процессами эвтрофикации, которые возникают по естественным причинам и усиливаются поступлением в водоемы подогретых технических вод и сельскохозяйственных стоков, содержащих большое количество органических веществ и питательных элементов.

Органолептические показатели не нормируются для вод рыбохозяйственного назначения, однако их повышенные значения могут косвенно свидетельствовать о загрязнении вод.

Химический анализ вод проводился в день отбора проб для ряда наиболее приоритетных компонентов. На основании полученных результатов химического состава водных проб был проведен сравнительный анализ определяемых ингредиентов с предельно-допустимыми концентрациями (ПДК) загрязняющих веществ для водоемов рыбохозяйственного назначения (таблица 3).

Анализ результатов показал, что концентрации катиона кальция (Ca^{2+}), катиона магния (Mg^{2+}), хлоридов (Cl^-), гидрокарбонатов (HCO_3^-), свинца (Pb^{2+}) и кадмия (Cd^{2+}) лежат в пределах допустимых значений и удовлетворяют нормативам ПДК.

Единичное превышение показателя ПДК (1,2 ПДК, точка № 8) для сульфатов обнаружено на территории, испытывающей избыточную рекреационную нагрузку (пляж микрорайона «Боровое»). Однако показания сульфатов зависят от погодных условий, времени года и не оказывают токсического воздействия на человека. Сульфаты являются распространенным компонентом природных вод. Их присутствие в воде обусловлено растворением некоторых минералов – природных сульфатов (гипс), а также переносом с дождями содержащихся в воздухе сульфатов [2, 3].

Концентрация тяжелых металлов была установлена вольтамперометрическим методом. Данный анализ выявил превышения ПДК меди в 1,2-1,8 раз для вод р. Дон и р. Усмань на территории микрорайона «Сомово» (точки № 5, 6, 7). Тяжелые металлы в водоеме вызывают целый ряд негативных последствий. Попадая в пищевые цепи и нарушая элементный состав биологических тканей, они оказывают тем самым прямое или косвенное токсическое воздействие на водные организмы. Тяжелые металлы по пищевым цепям попадают в

Результаты химического анализа проб вод Ближнего Подворонежья

Номер пробы	Ca ²⁺ , мг/л	Mg ²⁺ , мг/л	SO ₄ ²⁻ , мг/л	Cl ⁻ , мг/л	HCO ₃ ⁻ , мг/л	Cu ²⁺ , мг/л	Pb ²⁺ , мг/л	Cd ²⁺ , мг/л	Общая минерализация, мг/л
1	55,31	15,69	87	23,58	163,02	0,000004	0,00003	0,00002	548,8
2	56,91	19,70	73	25,27	164,74	0,000069	–	–	527,7
3	61,12	17,39	71	21,89	197,34	–	0,00017	–	591,6
4	62,93	20,79	24	24,58	197,34	–	0,00031	–	500,7
5	43,29	21,04	70	20,21	157,87	0,001210	0,00021	–	502,4
6	44,69	21,28	83	20,21	159,59	0,001200	0,00042	–	531,5
7	82,06	31,49	49	36,67	271,13	0,001800	0,00025	–	714,4
8	79,36	27,97	120	28,33	276,28	–	0,00009	–	849,8
9	95,19	12,89	81	20,00	270,86	–	–	–	895,4
10	40,68	15,56	78	13,33	155,50	–	–	–	521,4
11	96,99	4,26	9	16,67	302,63	–	–	–	669,1
12	41,88	15,93	67	6,67	174,48	–	0,00002	–	500,8
13	55,11	14,23	36	6,67	188,94	–	–	–	634,6
14	75,35	28,45	87	29,36	258,85	–	0,00006	–	757,5
15	75,75	23,59	51	24,47	262,11	–	–	–	696,6
16	63,13	21,04	60	24,47	221,41	–	–	–	623,9
17	59,92	24,32	29	27,73	195,36	–	–	–	516,5
18	58,12	24,44	23	17,16	205,13	–	–	–	509,1
19	55,51	25,41	22	22,84	201,87	–	–	–	506,0
20	72,34	8,55	23	30,99	236,06	–	–	–	580,9
ПДК	180	40	100	300	400-500	0,001	0,006	0,0005	1000

Таблица 4

Класс качества вод в зависимости от pH

Степень загрязнения	Класс качества	Значение pH
предельно чистая	1	7,0
чистая	2	6,0-6,9 / 7,1-7,9
удовл. чистая	3	5,6-5,9 / 8,0-8,3
загрязненная	4	5,5-5,6 / 8,4-8,7
грязная	5	5,3-5,4 / 8,8-9,5

организм человека. Главными источниками загрязнения воды тяжелыми металлами являются промышленные и химические предприятия.

Значения показателя общей минерализации лежат в диапазоне от 500 до 1500 мг/л, что характеризуют анализируемые воды как воды средней минерализации.

Измерения водородного показателя (pH) проводились потенциометрическим методом с помощью pH-метра. Все полученные значения лежат в диапазоне от 6,5 до 8,5, что соответствует нормативам ПДК (рис. 2).

В зависимости от значений водородного показателя природные поверхностные воды классифицируются по следующим классам качества (таблица 4) [2].

Таким образом, к условно чистым водам относятся воды р. Воронеж, р. Ведуга, р. Трещевка, пруда с. Каверье, р. Усмань (на территории Рамонского района и базы отдыха «Коминтерновец» Новоусманского района).

Как удовлетворительно чистые характеризуются воды Воронежского водохранилища, р. Дон, р. Усмань (на территории микрорайонов «Сомово»,

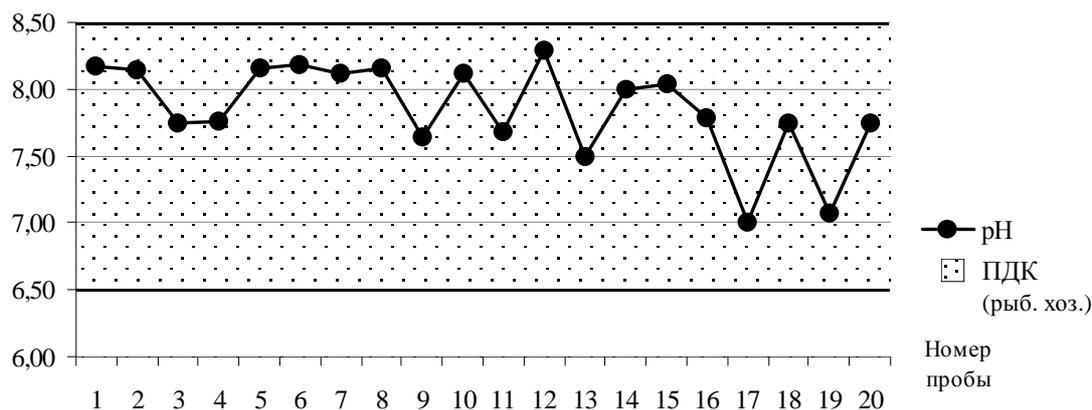


Рис. 2. Значения водородного показателя (рН)

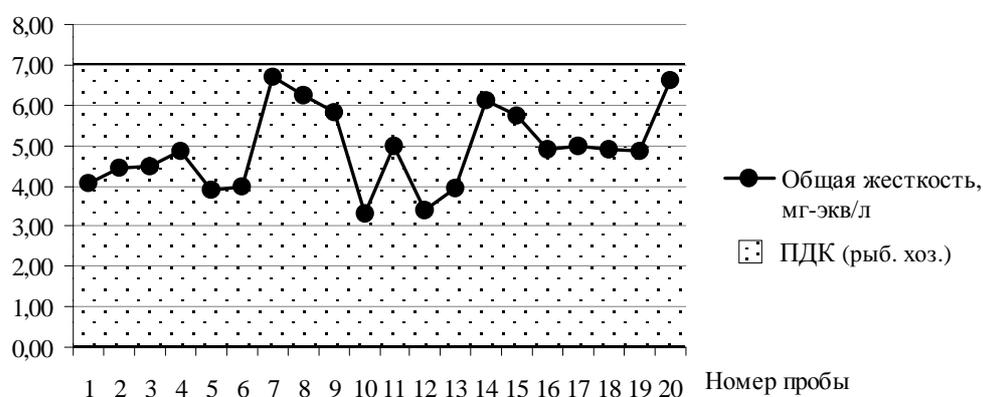


Рис. 3. Общая жесткость

«Боровое» и базы отдыха «Солнечная поляна» Новоусманского района), прудов с. Богоявленовка и с. Медвежье в Семилукском муниципальном районе.

Жесткость воды – одно из важнейших свойств, имеющее большое значение при водопользовании. Жесткость воды обусловлена присутствием растворимых и малорастворимых солей-минералов, главным образом кальция (Ca^{2+}) и магния (Mg^{2+}).

Величина жесткости воды может варьировать в широких пределах в зависимости от типа грунтов и почв, слагающих бассейн водосбора, а также от сезона года и погодных условий. При жесткости до 4 мг-экв/л вода считается мягкой; от 4 до 8 мг-экв/л – средней жесткости; от 8 до 12 мг-экв/л – жесткой; более 12 мг-экв/л – очень жесткой [1, 4].

Согласно результатам анализов большая часть проб воды имеет среднюю жесткость, мягкие воды характерны для прудов Семилукского района (рис. 3). Данные результаты удовлетворяют санитарно-гигиеническим нормативам, так как не превышают значения 7 мг-экв/л.

Для анализа содержания нитратов и нитритов в пробах воды использовался колориметрический

метод. Результаты анализа выявили превышения ПДК для данных компонентов (рис. 4).

Повышенное содержание нитратов в воде (точка № 9 – р. Ведуга, точка № 13 – пруд, с. Каверье, Семилукский район) может служить индикатором загрязнения водоема в результате распространения органических либо химических загрязнений от сельскохозяйственных или промышленных предприятий. Многие минеральные удобрения содержат нитраты, которые при избыточном внесении в почву приводят к загрязнению водоемов. Источниками загрязнения нитратами являются также поверхностные стоки с пастбищ, скотных дворов, молочных ферм и т.п. Повышенное содержание нитратов в воде может привести к процессу эвтрофикации водоема.

Концентрация нитратов в поверхностных водах подвержена заметным сезонным колебаниям: минимальная в вегетационный период (так как нитраты потребляются растениями и фитопланктоном), максимума достигает зимой.

Нитрит-анионы являются промежуточными продуктами биологического разложения азотсодержащих органических соединений. Благодаря

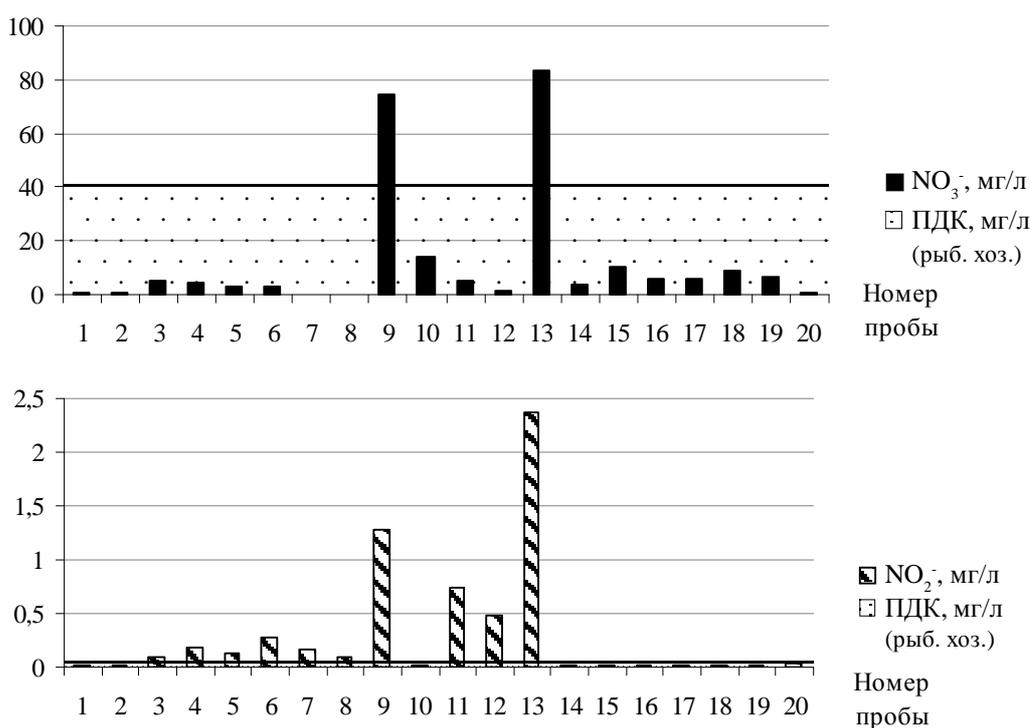


Рис. 4. Содержание нитратов (NO_3^-) и нитритов (NO_2^-)

способности превращаться в нитраты, нитриты, как правило, отсутствуют в поверхностных водах. Поэтому наличие в анализируемой воде повышенного содержания нитритов свидетельствует о биологическом загрязнении вод, причем с учетом частично прошедшей трансформации азотистых соединений из одних форм в другие.

Большая часть проб вод с повышенными значениями содержания нитритов, относится к водоемам Семилукского муниципального района, для которого характерно наличие пахотных земель, сельскохозяйственных предприятий и животноводческих ферм. Превышения ПДК нитритов выявлены также для вод р. Дон.

Железо – один из самых распространенных элементов в природе. Его содержание в земной коре составляет около 4,7 % по массе. В малых концентрациях железо встречается практически во всех природных водах. Соединения железа в воде могут существовать в различных формах, поэтому точные результаты могут быть получены только при определении суммарного железа во всех его формах (общего железа) [2].

Анализ содержания суммарного железа в пробах вод проводился колориметрическим методом. Результаты исследования позволили выявить практически повсеместное превышение норматива

ПДК для вод рыбохозяйственного назначения ($\text{ПДК}_{\text{Fe общ.}} = 0,1 \text{ мг/л}$) (рис. 5).

Исходя из результатов проведенного исследования, можно сделать следующие выводы.

1. Для вод Воронежского водохранилища (на территории пляжей санатория им. М. Горького) свойственны превышения ПДК для суммарного железа (1,0 ПДК), остальные химические показатели удовлетворяют нормативам ПДК. Значения содержания нитратов и нитритов минимальны, так как азотистые элементы активно используются бактериями и водной растительностью в период вегетации.

2. Для вод р. Воронеж характерны превышения ПДК железа общего (2,1-2,2 ПДК) и нитритов (1,1-2,25 ПДК). В водах реки тяжелые металлы не обнаружены, а по значению водородного показателя воды относятся к условно чистым.

3. Река Дон – крупная водная артерия области, испытывающая большую антропогенную нагрузку (в том числе рекреационную) со стороны промышленных и сельскохозяйственных предприятий, сбрасывающих свои сточные воды. В водах р. Дон обнаружены повышенные концентрации общего железа (3,4-3,8 ПДК), нитритов (1,63-3,8 ПДК) и меди (1,2 ПДК). По значениям водородного показателя воды относятся к удовлетворительно чистым.

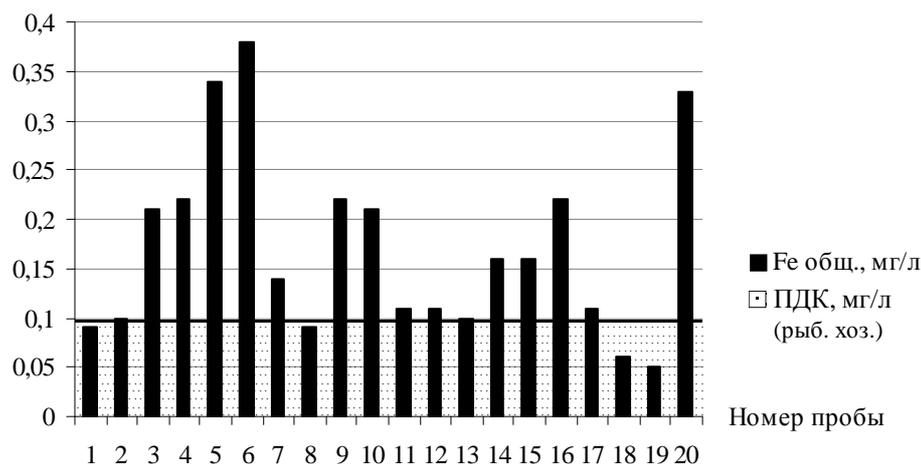


Рис. 5. Содержание общего железа в пробах поверхностных вод

4. Воды р. Ведуга и пруда с. Каверье характеризуются как условно чистые, имеют повышенное содержание железа (2,2 ПДК и 1,0 ПДК соответственно), нитратов (1,86 ПДК и 2,1 ПДК), нитритов (15,9 ПДК и 28,8 ПДК). Наличие тяжелых металлов в воде не зафиксировано.

5. Для вод прудов с. Богоявленовка, с. Медвежье и р. Трещевка выявлены превышения ПДК суммарного железа (1,1-2,1 ПДК). Повышенное содержание нитритов (6,13 и 9,38 ПДК соответственно) свойственно для вод пруда с. Медвежье и р. Трещевка. Данные водоемы подвержены процессам эвтрофикации, их воды характеризуются как удовлетворительно чистые.

6. Воды р. Усмань испытывают значительную рекреационную нагрузку. Вдоль русла реки расположены многие туристические базы, детские лагеря, базы отдыха, загородные отели. По критериям водородного показателя воды реки относятся к условно чистым на территории Рамонского района и к удовлетворительно чистым на территории микрорайонов «Сомово» и «Боровое». Превышения ПДК в водах р. Усмань обнаружены повсеместно для показателя общего железа (1,0-3,3 ПДК). Превышения значений нитритов единично обнаружены на территории пляжей «Сомово» и «Боровое» (2,0 ПДК и 1,1 ПДК соответственно). Также обнаружены единичные превышения по сульфатам на территории микрорайона «Боровое»,

по меди на пляже микрорайона «Сомово». В остальных пробах значения сульфатов удовлетворяют существующим санитарно-гигиеническим нормам для вод рыбохозяйственного назначения, тяжелые металлы не обнаружены.

Таким образом, наибольшую антропогенную нагрузку со стороны промышленных и сельскохозяйственных предприятий испытывают экосистемы р. Дон и прудов Семилукского района. К условно безопасной зоне с точки зрения качества водных ресурсов можно отнести территорию Рамонского муниципального района.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Корчагина В. А. Геоэкологическая экспресс-оценка качества поверхностных водных ресурсов Ближнего Подворонежья / В. А. Корчагина, Т. И. Прожорина, С. А. Куролап // Вестник Воронежского государственного университета. Сер. География. Геоэкология. – 2008. – № 2. – С. 64-70.
2. Муравьев А. Г. Руководство по определению показателей качества воды полевыми методами / А. Г. Муравьев. – Санкт-Петербург : Кримас+, 2009. – 218 с.
3. Прожорина Т. И. Специальная учебная эколого-аналитическая практика / Т. И. Прожорина, А. Н. Никольская. – Воронеж : Воронежский государственный университет, 2005. – 43 с.
4. Эколого-аналитические методы исследования окружающей среды : учебное пособие / Т. И. Прожорина [и др.]. – Воронеж : Истоки, 2010. – 302 с.

Маслова Марина Олеговна
аспирант кафедры геоэкологии и мониторинга окружающей среды факультета географии, геоэкологии и туризма Воронежского государственного университета, г. Воронеж, т. 8(952)554-16-55, E-mail: mirummo@gmail.com

Maslova Marina Olegovna
Post-graduate student of the chair of geoeology and environment monitoring, department of geography, geoeology and tourism, Voronezh State University, Voronezh, tel. 8(952)554-16-55, E-mail: mirummo@gmail.com

Прожорина Татьяна Ивановна

кандидат химических наук, доцент кафедры геоэкологии и мониторинга окружающей среды факультета географии, геоэкологии и туризма Воронежского государственного университета, г. Воронеж, т. 8(920)414-95-49, E-mail: coriandre@rambler.ru

Якунина Надежда Ивановна

бакалавр экологии и природопользования факультета географии, геоэкологии и туризма Воронежского государственного университета, г. Воронеж, т. 8-915-542-67-98, E-mail: nadezhda.yakunina.93@gmail.com

Prozhorina Tat'yana Ivanovna

Candidate of Chemical Sciences, associate professor of the chair of geoecology and environment monitoring, department of geography, geoecology and tourism, Voronezh State University, Voronezh, tel. 88(920)414-95-49, E-mail: coriandre@rambler.ru

Yakunina Nadezhda Ivanovna

Bachelor of ecology and nature management, department of geography, geoecology and tourism, Voronezh State University, Voronezh, tel. 8-915-542-67-98, E-mail: nadezhda.yakunina.93@gmail.com