

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ЭКСПРЕСС-ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ БЛИЖНЕГО ПОДВОРОНЕЖЬЯ

В. А. Корчагина, Т. И. Прожорина, С. А. Куролап

Воронежский государственный университет, Россия

Поступила в редакцию 22 августа 2008 г.

Аннотация: С помощью оригинальных экспресс-методик на примере основных рек территории Ближнего Подворонежья (Верхний Дон, Воронеж, Усмань, Девица, Ведуга, Хава с притоком Тамлык) проведены гидрохимические исследования по оценке качества вод. Определены классы качества поверхностных вод и проведена типизация водоемов по сходству минерального состава и характеру техногенного загрязнения. Отмечено ухудшение состояния водоемов в районах интенсивного хозяйственного и рекреационного освоения прибрежных зон.

Ключевые слова: водные ресурсы, экспресс-оценка, класс качества вод, минеральный состав, Подворонежье.

Abstract: By using some original express methods for the basic rivers of the surrounding Voronezh areas (the Upper Don, the Voronezh, the Usman, the Devitsa, the Veduga, the Khava with inflow Talmyk) hydrochemical researches are carried out to assess quality of waters. Classes of superficial waters quality are determined as well as typification of reservoirs with similarity of mineral structure and character technogenic pollution. It has been found out that a condition of reservoirs in areas of intensive economic and recreational development of coastal zones deteriorated.

Key words: water resources, express-estimation, water quality class, mineral composition, the surrounding Voronezh areas.

Экологическая ситуация урбанизированных регионов формируется под воздействием комплекса природных и техногенных факторов, среди которых ведущее значение имеет качество водных ресурсов. Интенсивное воздействие на водоемы вблизи крупных промышленных городов приводит к прогрессирующему ухудшению состояния вод, снижению качества хозяйственно-питьевого водоснабжения и рекреационного водопользования, что увеличивает экологический риск для населения [3, 4].

Нами проведена геоэкологическая экспресс-оценка качества речных вод территории Ближнего Подворонежья. В качестве объектов исследования выбраны 6 наиболее характерных водоемов в зоне интенсивного хозяйственного и рекреационного воздействия: р. Дон (на отрезке от с. Новоживотинное до с. Гремяче), а также реки Воронежского (Воронеж, Усмань, Хава с притоком Тамлык) и Девицкого (Девица, Ведуга) гидрологичес-

ких районов [1] в радиусе около 12 км от границ Воронежского городского округа – пригородной зоны наибольшего антропогенного воздействия и массовой рекреации в выходные дни.

Методика исследований заключалась в определении основных компонентов химического состава воды в руслах рек и оценке их качества с учетом нормативных критериев (ПДК загрязняющих веществ для водоемов рыбохозяйственного назначения) и потенциальных источников техногенного загрязнения.

Химический анализ воды проводили экспресс-методами с помощью комплект-лаборатории «НКВ», портативного оборудования для определения минерализации и рН среды, которые позволяют оценить качество водных объектов в полевых условиях. Пробы воды анализировали непосредственно в местах отбора следующими методами: визуальным, органолептическим, визуально-колориметрическим, титриметрическим, турбидимет-

рическим и расчетным. Согласно ГОСТ отбор проб осуществлялся на расстоянии 1,5-2,0 м от берега реки, с глубины 30-50 см с помощью батометра [5]. Работа проведена в период летней межени (июль-август 2007 г.).

По стандартной методике определяли 13 ингредиентов, в том числе: водородный показатель (рН); общую минерализацию; общую и карбонатную жесткость; массовые концентрации катионов – кальция (Ca^{2+}), магния (Mg^{2+}), аммония (NH_4^+); анионов – гидрокарбоната (HCO_3^-), сульфата (SO_4^{2-}), хлорида (Cl^-), нитрита (NO_2^-), а также железо общее ($\text{Fe}_{\text{общ}}$) и сумму тяжелых металлов ($\sum \text{me}$). Всего проанализировано 50 проб воды.

В таблице 1 показаны диапазоны вариаций концентраций исследуемых ингредиентов, а также их средние значения по комплексу отобранных проб в каждом водоеме. Определены классы качества вод (по нормативным критериям) и на основании кластерного анализа, выполненного с помощью статистической программы STADIA, проведена типизация водоемов по сходству минерального состава и загрязняющих компонентов. В качестве основного индикатора при определении класса качества вод выбрали присутствие катиона аммония (NH_4^+), свидетельствующего о повышенном органическом загрязнении.

Проведенные исследования позволили сделать следующие основные выводы о качестве поверхностных вод региона.

Река Дон – крупнейшая водная артерия Подворонежья. Активная реакция воды Верхнего Дона находится в пределах нормы (7,5-8,0) с тенденцией к щелочному рН. Минерализация в целом невысока, а суммарный количественный показатель содержания растворенных в воде веществ составляет около 340-350 мг/л, что не превышает ПДК для вод рыбохозяйственного назначения (1000 мг/л.) Таким образом, воды реки относятся к категории «пресных». Содержание основных макрокомпонентов Ca^{2+} и Mg^{2+} отвечает норме, отчего общая жесткость не превышает ПДК. Воды Верхнего Дона характеризуются как умеренно жесткие. В то же время содержание HCO_3^- ионов превышает принятый норматив (500 мг/л) до 1,7 раз, что сопровождается превышением карбонатной жесткости в 1,1 раза. Источниками HCO_3^- ионов служат карбонатные породы (известняки, мел, мергели).

Установлено повсеместное превышение концентраций нитритов (по NO_2^- -аниону – в 7,9 раза). Этот важный экологический показатель указывает на загрязнение водной среды вследствие усиле-

ния процессов разложения органических веществ в условиях более медленного окисления NO_2^- в NO_3^- -ионы. Повсеместно выявлены и превышения ПДК катионов NH_4^+ (в 3,4 раза). Известно, что ионы аммония – обычно результат микробиологического разложения белков животного и растительного происхождения. Вероятны два источника загрязнения: избыточное и нерациональное применение минеральных и органических удобрений; стоки с пастбищ и мест скопления скота, а также сточные воды от животноводческих комплексов. Присутствие NH_4^+ в концентрациях более 1 мг/л снижает способность гемоглобина рыб связывать кислород, что приводит к проявлению токсического эффекта и угнетает популяции рыб [2].

По существующей классификации качества природных поверхностных вод [2, 4] воды р. Дон в Подворонежье оцениваются как «грязные» и относятся к 5 классу качества (таблица 2).

В реку поступают сточные воды с очистных сооружений предприятий «Водоканал» (г. Воронеж) и «Аквасервис» (г. Нововоронеж). Сточные воды, сбрасываемые с очистных сооружений МУП «Водоканал Воронежа», совместно с неочищенным поверхностным стоком правобережной части города, поступающим по ручью «Голубой Дунай», оказывают негативное влияние на качество воды в реке [6]. Этому способствуют и очаги загрязнения подземных вод в районе размещения полигона твердых бытовых отходов в выработанном пространстве карьера «Средний».

Река Девица – правый приток Дона.

Показатель рН воды не превышает 8,4. Воды реки характеризуются как «удовлетворительно чистые», но отмечается относительно повышенная минерализация (около 450-530 мг/л). Жесткость умеренная. Хотя подвержена заметным сезонным колебаниям, достигая обычно наибольшего значения в конце зимы и наименьшего – в период половодья, когда поверхностные воды обильно разбавляются мягкой дождевой и талой водой.

Содержание гидрокарбонат-ионов в исследуемый летний период превысило ПДК в 2,6 раза, а карбонатная жесткость была выше ПДК в 1,1 раза.

В водах реки отмечены превышения ПДК для NO_2^- -аниона в 3,7 раза. Известно, что сезонные колебания нитритов характеризуются отсутствием их зимой и появлением весной, а особенно летом при разложении органического вещества. Установлена способность диатомовых и зеленых водорослей восстанавливать нитраты до нитритов [2]. В пробах воды выявлено превышение концен-

Таблица 1

Показатели гидрохимического состава речных вод территории Ближнего Подворонежья (вариация и средние значения)*

Ингредиенты	река Дон (10 проб)		река Воронеж (14 проб)		река Усмь (17 проб)		река Девича (2 пробы)		река. Ведуга (2 пробы)		реки Хава и Тамлык (5 проб)		ПДК рыб. хоз.
	вариация	среднее	вариация	среднее	вариация	среднее	вариация	среднее	вариация	среднее	вариация	среднее	
рН	7,5-8,0	7,8	7,6-8,7	8,1	7,6-8,5	8,0	7,9-8,4	8,2	7,6-8,0	7,8	7,8-8,4	8,1	6,5-8,5
Общая минерализация, мг/л	327-372	343,9	370-414	397,5	417-613	507,8	442-539	490,5	447-459	453,0	549-898	748,8	1000
Общая жесткость, мг-экв/л	4,3-6,8	5,6	4-8	6,3	5,3-7,5	7,0	5-6	5,5	5-5	5,0	6,8-10	8,8	7
Ca ²⁺ , мг/л	65-125	86	75-140	104	90-140	109	90-110	100	90-100	95	90-130	110	180
Mg ²⁺ , мг/л	10-52	22,4	6-30	14,8	3-35	20,2	6-12	9,0	6-6	6,0	40-55	47,8	40
HCO ₃ ⁻ , мг/л	747-885	820	763-946	871	1007-1586	1210	1098-1312	1205	1120-1159	1140	1220-2074	1690	400-500
SO ₄ ²⁻ , мг/л	53-59	54,5	53-56	54,7	53-64	56,2	42-53	47,5	53-53	53,0	53-56	54,2	100
Cl ⁻ , мг/л	36-89	60,0	62-124	88,9	53-124	76,5	62-71	66,5	53-89	71,0	44-71	60,2	300
NH ₄ ⁺ , мг/л	0,7-2,8	1,70	0,2-3,0	0,85	0,4-2,8	1,30	0,7-1,0	0,85	0,7-1,0	0,85	0,8-2,5	1,32	0,5
NO ₂ ⁻ , мг/л	0,4-1,0	0,75	0,1-0,9	0,27	0,0-0,5	0,09	0,2-0,3	0,25	0,1-0,1	0,10	0,01-0,5	0,15	0,08
Fe _{общ} , мг/л	0,04-0,3	0,16	0,0-0,2	0,075	0,01-0,6	0,19	0,0-0,05	0,025	0,1-0,2	0,15	0,05-0,3	0,21	0,1
Σме, мг/л	0,00005-0,0004	0,0002	0,00005-0,0004	0,0002	0,00005-0,0004	0,00018	0,002-0,0003	0,00025	0,0001-0,00015	0,00013	0,0002-0,0005	0,0003	0,021

* «полуужирным курсивом» отмечены значения показателей выше ПДК.

трации катионов NH_4^+ в 1,8 раз, что позволяет отнести воды р. Девицы к категории «загрязненных» (4 класс качества, таблица 2).

Река Ведуга – правый приток Дона [1]. По критерию рН воды реки можно считать «чистыми». Водородный показатель варьирует в пределах 7,6-8,0. Минеральный состав реки в пределах нормы (440-450 мг/л), что соответствует категории «пресных» вод. Воды Ведуги следует считать умеренно жесткие. Причем среди всех исследованных водотоков Ведуга имеет самые «мягкие» воды (5 мг-экв/л).

Выявлено, что по некоторым параметрам воды не отвечают ПДК-гидрокарбонаты в 2,3 раза, нитриты в 1,25, аммонийный азот в 1,7 раза. Воды Ведуги относятся к 4 классу качества (таблица 2).

Лабораторным экспериментом установлено превышение концентрации $\text{Fe}_{\text{общ}}$ в 1,5 раза, хотя общая сумма металлов в пределах нормы.

Река Воронеж – один из относительно крупных левобережных притоков Дона. Величина рН воды в русле находится в пределах 7,6-8,7. Причем преобладают показатели 8,0 и более, а в некоторых пробах отмечаются превышения ПДК. Тенденция к сильнощелочной среде свидетельствует о возрастающем загрязнении вод. Воды реки следует отнести к слабо-щелочным, прогрессирующим в направлении щелочных. Подобная ситуация может привести к нарушениям нормального развития пресноводных гидробионтов, в частности, рыб. Известно, что нарушение функциональной способности нитрифицирующих бактерий, отвечающих за разложение отмерших органических веществ, происходит при $\text{pH} > 7,8$ [2].

Общая минерализация вод реки Воронеж в среднем близка к 400 мг/л. Сумма концентраций ионов Ca^{2+} и Mg^{2+} (общая жесткость) здесь не превышает ПДК и составляет 6,3 мг-экв./л.

Содержание HCO_3^- -ионов превышает ПДК в 1,7 раз, и, как следствие, отмечается превышение

карбонатной жесткости в 1,1 раза. Известно, что гидрокарбонатные ионы доминируют в водах невысокой или умеренной минерализации. Накопление в водах гидрокарбонатов лимитируется присутствием кальция, образующего с ними слаборазтворимую соль.

Концентрация NO_2^- -анионов в водах превышает норматив до 3,75 раза. Отмечается превышение ПДК по NH_4^+ до 2-6 раз, а в целом воды р. Воронеж соответствуют категории «загрязненных» и относятся к 4 классу качества (таблица 2). Содержание $\text{Fe}_{\text{общ}}$ и суммы металлов – в пределах нормы. Следует отметить, что в исследуемом регионе сосредоточено свыше 46 тысяч садово-огородных участков и множество баз отдыха, пользование которыми значительно увеличивает степень негативного воздействия на водные объекты. Так, на большинстве турбаз отсутствуют очистные сооружения. А в ООО «Санаторий им. Ф.Э. Дзержинского» имеющиеся сооружения биоочистки функционируют несоответственно проектному режиму. В результате в реку ежегодно поступает 146 тыс. куб. м недостаточно очищенных стоков. Последние 8 лет не работают биофильтры турбазы «Березка», и в пойму реки ежегодно дополнительно сбрасывается более 50 тыс. куб. м неочищенных сточных вод [6].

Для улучшения экологической обстановки, сокращения сброса загрязняющих веществ в бассейне р. Воронеж за последние 10 лет был реализован ряд мероприятий. Из водоохраной зоны вынесено 39 летних лагерей для скота, 9 производственных объектов, в том числе 4 площадки для хранения удобрений, удалены некоторые фермы. Но многие проблемы остались нерешенными: утилизация хозяйственно-бытовых сточных вод баз и лагерей отдыха; неэффективная работа сооружений искусственной биологической очистки; сброс неочищенных хозяйственно-бытовых сточных вод психоневрологического диспансера в пос. Боровое и др. [6].

Таблица 2

Содержание аммония в водоемах с различной степенью загрязненности

Степень загрязнения	Класс качества	Аммонийный азот (NH_4^+)
Очень чистые	1	0,05
Чистые	2	0,1
Умеренно загрязненные	3	0,2-0,3
Загрязненные	4	0,4-1,0
Грязные	5	1,1-3,0
Очень грязные	6	>3,0

Река Усмань – левый приток р. Воронеж. В последнее время река испытывает особенно высокое антропогенное воздействие и рекреационную нагрузку из-за многочисленных баз отдыха и летних лагерей. Кроме того воды активно используются на орошение дачных участков и сельскохозяйственных угодий.

Среднее фоновое значение рН воды составляет 8,0. Однако на некоторых участках достигает 8,5, что находится на грани ПДК. Минерализация составляет около 500-520 мг/л («пресные» воды). Общая жесткость местами превышает ПДК (в 1,1 раза), что свидетельствует об умеренной и повышенной жесткости.

Концентрация HCO_3^- ионов превышает значение ПДК в 2,4 раза, а следствием этого является превышение ПДК и по карбонатной жесткости в 1,3 раза.

Содержание нитритов – около нормы. В то же время содержание аммонийного азота практически по всей реке превышает ПДК в среднем в 3,4 раза. Воды реки относятся к 5 классу качества (таблица 2).

Являясь памятником природы, в бассейне реки располагаются 6 лагерей и 33 базы отдыха, 46 садоводческих товариществ, а также несколько предприятий. В то же время очистные сооружения в с. Новая Усмань («Новоусманское ЖКХ») перегру-

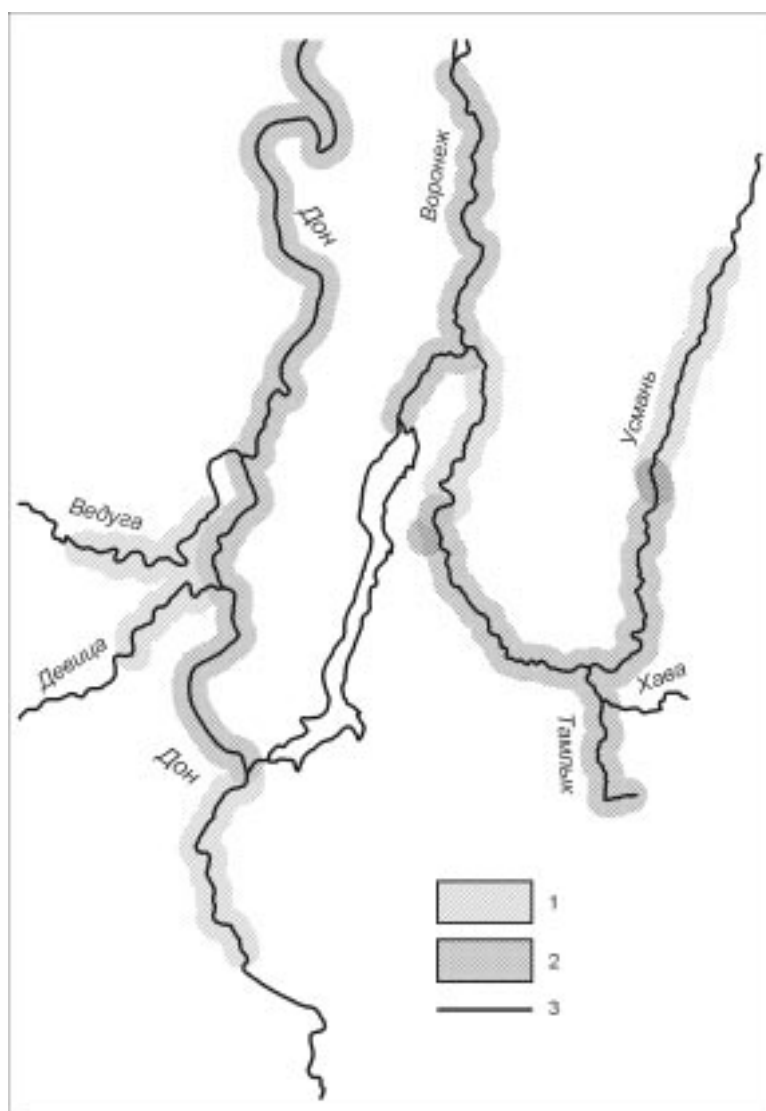


Рис. 1. Карта-схема качества вод Ближнего Подворонья

1=4 класс качества («загрязненные воды»),

2=5 класс качества («грязные воды»)

жены в 3 раза, из-за чего происходит загнивание активного ила и вынос его со сточными водами; минерализаторы не используются, что угрожает загрязнению поверхности водосбора и подземных вод. Источником техногенного прессинга является полностью разукрупненная биостанция (пос. Отрадное) – жидкие отходы поступают в старицу р. Усмань. Сточные воды бывшего совхоза «Крыловский», а также зеркально-фурнитурного завода выливаются на поверхность водосбора, а в период паводка загрязняющие вещества поступают в водоток [5].

Река Хава – левый (самый большой) приток р. Усмань, большая часть территории водосбора распаханна, а лесистость не превышает 1%. При невысокой водности реки проблема ее иссушения и обмеления особенно актуальна [1].

Показатель pH в целом не превышает ПДК, а среднее его значение составляет около 8,1. Общая минерализация воды значительно выше других исследуемых водоемов и достигает в среднем около 720-780 мг/л. Значения общей жесткости воды повсеместно превышают ПДК и в среднем составляет около 8,8 мг-экв./л. Такая вода характеризуется как «жесткая», что объясняется влиянием природных факторов (в естественных условиях ионы Ca^{2+} , Mg^{2+} и других щелочноземельных металлов, обуславливающих жесткость, поступают в воду в результате взаимодействия растворенного диоксида углерода с карбонатными минералами в результате иных процессов растворения и химического

выветривания земной коры), высокой сельскохозяйственной освоенностью прибрежной зоны (источник ионов – микробиологические процессы, протекающие в почве на площади водосбора и в донных отложениях), а также промышленно-коммунальными стоками.

Концентрация NO_2^- -ионов составляет около 0,15 мг/л, что превышает ПДК в 1,9 раз. Присутствие NH_4^+ -ионов в концентрациях, значительно превышающих ПДК, наблюдается по всей реке. Причем создаются неблагоприятные условия для развития гидробионтов вследствие усиления токсичности аммония с повышением pH водной среды. Воды р. Хава с притоком Тамлык относятся к 5 классу качества (таблица 2).

Для водоема характерно самое высокое превышение ПДК по содержанию HCO_3^- -ионов (в 3,4 раза), а также превышение карбонатной жесткости (в 1,7 раза) по сравнению с другими водоемами Подворонежья. На отдельных участках отмечаются превышения концентрации $\text{Fe}_{\text{общ}}$ в 2,5 раза.

Дополнительное отрицательное влияние на состояние связано с загруженностью береговой линии, множеством сельских поселений.

Подводя итоги исследования, можно сделать самые общие выводы. 1. В руслах рек Ближнего Подворонежья повсеместно наблюдаются превышения ПДК по гидрокарбонатам особенно в Усмани, Девице, Ведуге, Тамлыке. 2. Присутствие азота аммонийного, нитрит-аниона свидетельствует о признаках органического загрязнения. 3. Ми-

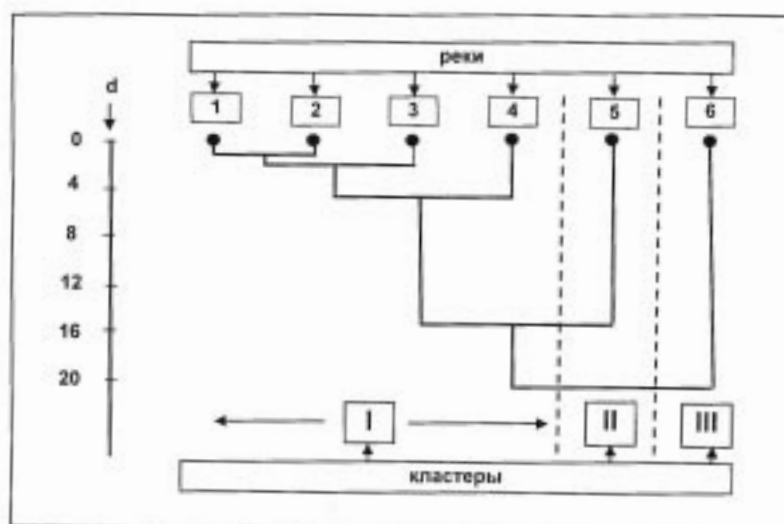


Рис. 2. Кластерная дендрограмма сходства минерального состава рек Подворонежья (по средним показателям)
 Условные обозначения: d – дистанционный коэффициент (условные «евклидовы расстояния» в многомерном пространстве). Реки: 1 – Девица, 2 – Ведуга, 3 – Усмань, 4 – Дон, 5 – Хава (с притоком Тамлык), 6 – Воронеж.
 Кластеры по сходству минерального состава вод: I – наиболее сходные реки, II и III – наиболее специфичные (отличающиеся от других) реки.

нерализация вод в целом умеренная, но возрастающая в летнюю межень. При движении на восток региона исследований минерализация воды в малых реках увеличивается от 450-500 мг/л (Девича, Ведуга) до 750-850 мг/л (Хава). 4. На отдельных участках в руслах рек Хава и Усмань вода не отвечает нормативам качества по жесткости и общему содержанию железа. 5. Река Усмань – наиболее типичный водоем региона по минеральному составу (более сбалансированный природный катионно-анионный комплекс при умеренной минерализации, но повышенной жесткости). 6. Повышенная природная общая и карбонатная жесткость воды – фактор риска развития у населения мочекаменной болезни, что отмечается по городскому округу г. Воронеж и области в целом [3].

7. Водоёмы разделяются на две группы. Одна группа реки 4 класса качества вод («загрязненные»). К этой группе относятся правобережные притоки Дона реки Ведуга, Девича в западном секторе Подворонежья и река Воронеж. Вторая группа рек 5 класса качества («грязные»). Эту группу образуют река Дон, а также малые реки Усмань и Хава с притоком Тамлык в восточном секторе пригородной зоны (рис. 1). 8. Кластерный анализ по-

казал, что наиболее близки по минеральному составу реки Девича, Ведуга и Усмань, а Дон занимает «среднее» положение. Наиболее специфичны река Хава и особенно Воронеж (рис. 2).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Курдов А. Г. Реки Воронежской области (водный режим и охрана) / А. Г. Курдов. – Воронеж : Изд-во Воронеж. ун-та, 1984. – 162 с.
2. Никаноров А. М. Гидрохимия : учеб. / А. М. Никаноров. – СПб. : Гидрометеоздат, 2001. – 444 с.
3. Охрана водных ресурсов / М. И. Чубирко [и др.]. – Воронеж : Центр госсанэпиднадзора в г. Воронеже, 2000. – 416 с.
4. Петин А. Н. Анализ и оценка качества поверхностных вод: учеб. пособие / А. Н. Петин, М. Г. Лебедева, О. А. Крымская. – Белгород : Изд-во БелГУ, 2006. – 252 с.
5. Специальная учебная эколого-аналитическая практика : метод. пособие / сост. : Т. И. Прожорина, А. Н. Никольская. – Воронеж : ЛОП ВГУ, 2005. – 43 с.
6. Ступин В. И. Доклад о государственном надзоре и контроле за использованием природных ресурсов и состоянием окружающей среды Воронежской области в 2007 году / В. И. Ступин, Г. С. Сейдалиев. – Воронеж: Изд-во им. Е. А. Болховитинова, 2008. – 255 с.

Корчагина Виктория Александровна
аспирант кафедры геоэкологии и мониторинга окружающей среды факультета географии и геоэкологии Воронежского государственного университета, г. Воронеж, т. (4732) 66-56-54, e-mail:root@geogr.vsu.ru
Прожорина Татьяна Ивановна
кандидат химических наук, доцент кафедры геоэкологии и мониторинга окружающей среды Воронежского государственного университета, г. Воронеж, т. (4732) 66-56-54, e-mail:root@geogr.vsu.ru
Куролап Семен Александрович
доктор географических наук, профессор, заведующий кафедрой геоэкологии и мониторинга окружающей среды Воронежского государственного университета, г. Воронеж, т. (4732) 66-56-54, e-mail:root@geogr.vsu.ru

Korchagina Victoria Alexandrovna
Post-graduate student of the geoecology and environment monitoring chair of the geography and geoecology faculty of the Voronezh State University, tel. (4732) 66-56-54, E-mail: root@geogr.vsu.ru
Prozhorina Tatyana Ivanovna
Candidate of Chemistry, assistant professor of the geoecology and environment monitoring chair of the geography and geoecology faculty of the Voronezh State University, tel. (4732) 66-56-54, E-mail:root@geogr.vsu.ru .Kurolap Semyon Alexandrovich
Doctor of Geography, Professor, Head of geoecology and environment monitoring chair of the geography and geoecology faculty of the Voronezh State University, tel. (4732) 66-56-54, E-mail:root@geogr.vsu.ru