

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ДЛЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ В ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ

В. М. Смольянинов, Н. М. Яценко

*Воронежский государственный педагогический университет*

Поступила в редакцию 29 мая 2015 г.

**Аннотация:** анализ прогнозных и эксплуатационных ресурсов подземных вод Воронежской области, а также современное их использование показывает в целом достаточную обеспеченность населения водой для хозяйственно-питьевых нужд. Однако неравномерность распределения ресурсов по территории области и недостаточная их защищенность в некоторых районах определяют неоднородность их использования. В связи с этим, проведено функциональное зонирование территории области в границах административных районов по степени обеспеченности ресурсами подземных вод с учетом современного водоотбора. Дефицит в воде в ряде пунктов требует осуществления мероприятий по искусственному пополнению подземных вод.

**Ключевые слова:** сельскохозяйственное водоснабжение, прогнозные ресурсы подземных вод, эксплуатационные ресурсы, модуль подземного стока, зонирование.

### USE OF GROUNDWATER FOR RURAL WATER SUPPLY IN THE VORONEZH REGION

**ABSTRACT:** ANALYSIS AND FORECASTING OF OPERATIONAL RESOURCES OF GROUNDWATER IN VORONEZH OBLAST, AS WELL AS THEIR CURRENT USE AS A WHOLE SHOWS A SUFFICIENT SUPPLY OF THE POPULATION WITH WATER FOR DRINKING PURPOSES. HOWEVER THE UNEVEN DISTRIBUTION OF RESOURCES ON THE REGION AND THE LACK OF SECURITY IN SOME AREAS DETERMINE HETEROGENEITY OF THEIR USE. IN THIS REGARD, WE CONDUCTED FUNCTIONAL ZONING OF THE REGION WITHIN THE BOUNDARIES OF ADMINISTRATIVE DISTRICTS IN THE DEGREE OF AVAILABILITY OF GROUNDWATER RESOURCES, GIVEN CURRENT WATER INTAKE. THE DEFICIT IN THE WATER IN A NUMBER OF ITEMS REQUIRES THE IMPLEMENTATION OF MEASURES FOR ARTIFICIAL GROUNDWATER RECHARGE.

**KEY WORDS:** RURAL WATER SUPPLY, FORECAST RESOURCES OF UNDERGROUND-WATERS, OPERATIONAL RESOURCES, GROUNDWATER FLOW MODULE, ZONING.

Приоритетной задачей устойчивого водопользования региона является обеспечение населения, сельскохозяйственных объектов и мелиоративных систем водными ресурсами, главным образом, из подземных горизонтов в необходимом количестве и нормативного качества.

В настоящее время в Воронежской области для сельскохозяйственного водоснабжения и орошения земель используется около 34 млн. м<sup>3</sup>/год природных вод, отбираемых из поверхностных и подземных источников. Это составляет 6,6 % от общего отбора воды по области [1]. Большая часть ее расходуется на питьевое водоснабжение населения, проживающего в сельской местности, численность которого сейчас составляет 776,1 тыс. человек. Основной задачей наших исследований является оценка ресурсов подземных вод и анализ современного водоотбора с выделением зон управления подземными водами для конкретных водопользователей в границах сельских административных районов.

Источниками питьевого водоснабжения в Воронежской области являются подземные воды шести основных водоносных горизонтов, которыми являются неогеновый-четвертичный, верхнемеловой, сеноман-

альбский, каменноугольный, верхнедевонский и средне-верхнедевонский. На территории области имеются запасы подземных вод в объеме 1753,57 тыс м<sup>3</sup>/сут по 81 месторождениям подземных вод. Прогнозные эксплуатационные ресурсы при этом составляют 0,98 км<sup>3</sup> [3]. Наибольшие ресурсы имеют верхнедевонский, неогеновый-четвертичный и верхнемеловой горизонты. Наиболее высокие модули, до 1,0–1,5 л/с/км<sup>2</sup> отмечаются на северо-западе области, то есть в Нижнедевицком, Семилукском, Хохольском, Рамонском и Репьевском районах, а самые низкие, менее 0,5 л/с/км<sup>2</sup>, в южных и юго-западных – в Кантемировском, Богучарском, Петропавловском и В. Мамонском.

Большое значение при этом играют свойства рельефообразующих пород, водопроницаемость которых изменяется 6,3–8,6 %, а также особенности самого водоносного горизонта. Подземные воды весьма интенсивно используются для сельскохозяйственного водоснабжения. Общий отбор подземных вод в Воронежской области на 2014 год составил 204,3 млн м<sup>3</sup>/год, то есть 36 % от прогнозных ресурсов. На сельскохозяйственное водоснабжение используется 32,6 млн м<sup>3</sup>/год, на орошение земель – 1,77 млн м<sup>3</sup>/год [1]. По районам области отбор подземных вод показан в таблице 1.

Таблица 1

Отбор и использование подземных вод в Воронежской области, 2014 год, млн м<sup>3</sup>

Районы	Количество извлеченной воды	Использование подземных вод	Для с/х водоснабжения и орошения
1. Аннинский	2,31	2,12	1,39
2. Бобровский	0,77	0,72	0,55
3. Богучарский	1,27	1,25	1,19
4. Бутурлиновский	1,75	1,08	0,89
5. Верхнемамонский	3,44	3,4	1,55
6. Верхнехавский	0,36	0,36	0,32
7. Воробьевский	0,21	0,2	0,11
8. Грибановский	1,29	0,85	0,74
9. Калачеевский	1,78	1,43	0,34
10. Каменский	1,67	1,65	0,35
11. Кантемировский	0,45	0,43	0,36
12. Каширский	0,78	0,75	0,61
13. Лискинский	9,68	7,68	2,99
14. Нижнедевицкий	0,08	0,08	0,05
15. Новоусманский	1,55	1,52	1,27
16. Новохоперский	0,87	0,16	0,12
17. Ольховатский	1,45	0,47	0,32
18. Острогожский	3,32	2,97	2,62
19. Павловский	9,46	8,82	1,72
20. Панинский	0,63	0,43	0,32
21. Петропавловский	0,07	0,05	0,02
22. Поворинский	2,42	2,38	0,02
23. Подгоренский	0,67	0,65	0,53
24. Рамонский	1,3	1,21	1,01
25. Репьевский	0,28	0,27	0,23
26. Россошанский	14,51	8,2	0,29
27. Семилукский	4,59	3,81	1,18
28. Таловский	0,89	0,89	0,72
29. Терновский	0,08	0,08	0,06
30. Хохольский	1,1	0,73	0,62
31. Эргильский	0,41	0,07	0,02
32. г.о. Борисоглебск	3,72	3,72	2,38
33. г. Нововоронеж	165,21	5,8	0,01
34. г. Воронеж	188,89	151,5	0,8
Всего	427,2	204,3	34,4

Примечание: Таблица составлена по данным Воронежстата и Управления Росприроднадзора по Воронежской области.

Анализ прогнозных и эксплуатационных ресурсов подземных вод, а также современное их использование в целом показывает достаточную обеспеченность населения водой для хозяйственно-питьевых нужд. Однако неравномерность распределения водных ресурсов по территории области, иногда практически полное отсутствие качественных питьевых вод и недостаточная их защищенность определяют неоднородность их использования. В связи с этим нами проведено зонирование территории области по степени обеспеченности ресурсами подземных вод, с учетом их современного отбора.

В результате выделено четыре зоны, характеризующиеся различными значениями модулей подземного стока (табл. 2, 3, рис. 1).

1. Зона, в которой наиболее полное использование всех существующих и перспективных нужд сельскохозяйственного водоснабжения и орошения. К ней отнесена площадь, равная 6,5 тыс. км<sup>2</sup> (12,4 % от общей площади), то есть 5 административных районов. Здесь распространены известняки верхнедевонского возраста, мела и мергели верхнемелового и пески неоген-четвертичного возраста. Здесь существуют модули подземного стока больше 1,0 дм<sup>3</sup>/км<sup>2</sup>. Рекомендуемая производительность водозаборов – от 3 до 16 м<sup>3</sup>/сут, глубина скважин от 65 до 180 м.

2. Подземными водами можно удовлетворить практически всех рассредоточенных и частично крупных потребителей. Площадь этой зоны составляет 18,5 км<sup>2</sup> (35,3 %). Здесь находятся 12 районов с водо-

Таблица 2

Распределение ресурсов подземных вод в административных районах Воронежской области

Районы	Модуль подземного стока, л/с/км <sup>2</sup>	Районы	Модуль подземного стока, л/с/км <sup>2</sup>
1. Аннинский	0,60	17. Новохоперский	0,42
2. Бобровский	0,61	18. Ольховатский	0,49
3. Богучарский	0,39	19. Острогожский	0,75
4. Борисоглебский	0,45	20. Павловский	0,45
5. Бутурлиновский	0,45	21. Панинский	0,73
6. Верхнемамонский	0,40	22. Петропавловский	0,35
7. Верхнехавский	0,91	23. Поворинский	0,42
8. Воробьевский	0,39	24. Подгоренский	0,59
9. Грибановский	0,45	25. Рамонский	1,11
10. Калачеевский	0,45	26. Репьевский	1,10
11. Каменский	0,61	27. Россошанский	0,47
12. Кантемировский	0,42	28. Семилукский	1,27
13. Каширский	0,98	29. Таловский	0,45
14. Лискинский	0,75	30. Терновский	0,45
15. Нижнедевицкий	1,51	32. Хохольский	1,35
16. Новоусманский	1,10	33. Эртильский	0,48

Таблица 3

Зонирование территории области по степени обеспеченности ресурсами пресных подземных вод

Зонирование	Общая площадь, тыс км <sup>2</sup>	Административные районы	Модуль подземного стока, л/с/км <sup>2</sup>	Водоносный горизонт
1. Полностью обеспечена ресурсами подземных вод. Это вполне удовлетворяет потребностям рассредоточенного водоснабжения и крупных потребителей.	6,5	Нижнедевицкий, Семилукский, Хохольский, Рамонский, Репьевский	1,00–1,35	Известняки верхнего девона, мела и мергели верхнего мела, пески неоген-четвертичного горизонта
2. Обеспечена ресурсами подземных вод, что удовлетворяет потребности рассредоточенного водоснабжения и большей части крупных потребителей.	8,5	Верхнехавский, Новоусманский, Рамонский, Аннинский, Каширский, Бобровский, Острогожский, Лискинский, Каменский, Подгоренский, Ольховатский, Эртильский.	0,50–0,99	Пески неоген-четвертичного горизонта, мела и мергели верхнего мела
3. Частично обеспечена ресурсами подземных вод, что часто удовлетворяет потребностям рассредоточенного водоснабжения.	20,0	Терновский, Грибановский, Борисоглебский, Поворинский, Таловский, Новохоперский, Бутурлиновский, Воробьевский, Калачеевский, Павловский, Россошанский.	0,41–0,49	Пески неоген-четвертичного горизонта, мела и мергели верхнего мела
4. Недостаточно обеспечена ресурсами подземных вод. Не может полностью удовлетворить потребности рассредоточенного водоснабжения.	7,4	Кантемировский, Богучарский, В. Мамонский, Петропавловский.	0,35–0,40	Верхне-среднедевонские пески, пески каменноугольного возраста, пески и мергели верхнемелового возраста

заборами, эксплуатирующими подземные воды неоген-четвертичного и верхнемелового горизонтов. Модули подземного стока здесь составляют 0,50–0,99 л/с/км<sup>2</sup>. Для сельскохозяйственного водоснабжения следует отбирать из 3–10 скважин, работающих с производительностью до 20 м<sup>3</sup>/сут на глубине 85–165 м.

3. Подземные воды в значительной степени удовлетворяют потребности рассредоточенного водоснабжения. Площадь этой зоны составляет 20 тыс. км<sup>2</sup> (38,2 %) и она занимает 11 административных рай-

онов. Здесь находятся неоген-четвертичные пески и мело-мергельные породы верхнего мела. Строительство водозаборов с невысокой производительностью возможно практически всюду, несмотря на породы со сравнительно низкими коэффициентами водопроницаемости и небольшими значениями допустимых понижений. Модули подземных вод в этих породах составляют 0,41–0,49 л/с/км<sup>2</sup>. Для отбора воды в объеме 1–3 тыс. м<sup>3</sup>/сут потребуется строительство двучиселью скважин, нагрузка на которые должна состав-

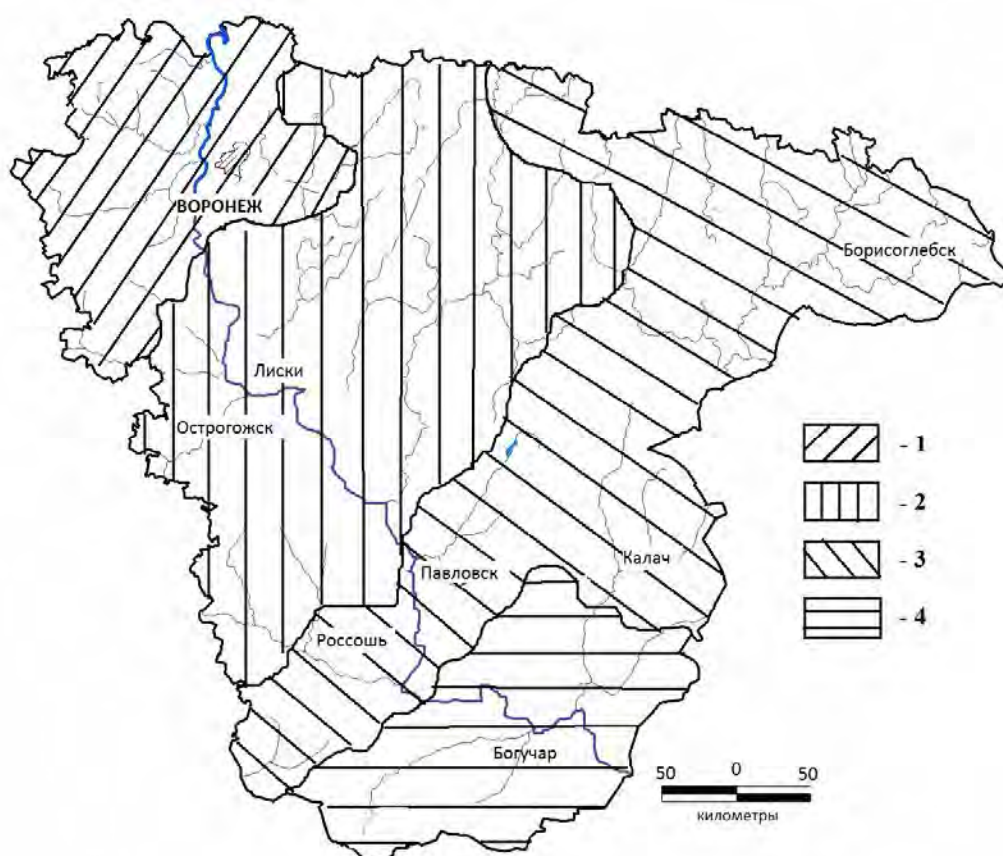


Рис. 1. Зонирование территории Воронежской области по степени обеспеченности ресурсами подземных вод. 1 – зона полностью обеспечена ресурсами подземных вод, модуль подземного стока более  $1 \text{ л/с/км}^2$ ; 2 – зона обеспечена ресурсами подземных вод, модуль подземного стока  $0,50\text{--}0,99$ ; 3 – зона частично обеспечена ресурсами подземных вод, модуль подземного стока  $0,41\text{--}0,49$ ; 4 – зона недостаточно обеспечена ресурсами подземных вод, модуль подземного стока менее  $0,40$ .

лять  $0,1\text{--}3,0$  тыс.  $\text{м}^3/\text{сут}$  при глубине скважин – от  $20\text{--}50$  до  $100\text{--}150$  м.

4. Ресурсы пресных подземных вод не могут полностью удовлетворять потребностям водопотребителей. В эту зону входит площадь, равная  $7,4 \text{ км}^2$  ( $14,1 \%$ ). Она находится в четырех административных районах, где используются воды, приуроченные к пескам и песчаникам верхне-среднедевонского возраста, пескам и известнякам каменноугольного возраста, а также меломергельным породам верхнего мела. Модули подземного стока их составляют  $0,35\text{--}0,49 \text{ дм}^3/\text{с/км}^2$ . Во многих случаях вода в них содержится в ограниченном количестве, либо вовсе отсутствует.

Таким образом, ресурсы подземных вод распределены по административным районам в соответствии с мощностью и водообильностью основных водоносных горизонтов. Однако их неравномерное распределение обуславливает в ряде пунктов значительный дефицит в воде, что требует осуществления мероприятий по искусственному пополнению запасов подземных вод путем строительства фильтрующих водоемов.

В Воронежской области наиболее нуждаются в таких мероприятиях юго-восточные районы области – Богучарский, Кантемировский, Петропавловский и В. Мамонский. Для проведения мероприятий по созданию водозаборов с искусственным пополнением подземных вод, необходимо располагать данными об условиях подпитывания весенними водами подземных

вод через водопроницаемые покровные слои в балочной сети. Основным источником пополнения при этом является неиспользуемая часть весеннего стока. Аккумуляцию его можно производить в естественной емкости зоны аэрации (пруде), которая ограничивается с одной стороны зеркалом грунтовых вод, а с другой – уровнем дренирования наиболее глубоких балок. Конструкция таких водозаборов уже разработана и апробирована в четырех балках в Воронежской, Липецкой и Белгородской областях.

Для оценки использования весеннего стока при орошении земель в юго-западных районах Воронежской области выделены 6 водосборов малых рек с коэффициентами фильтрации меньше  $0,50 \text{ м/сутки}$ . Это водосборы рек Богучар, Левая Богучарка, Толучеевка, Подгорная, Манина и Криуша, площадь которых составляет  $416\text{--}2130 \text{ км}^2$ . Густота речной сети в характеризуемом районе составляет менее  $0,2 \text{ км/км}^2$ , густота балок местами достигает почти  $0,8\text{--}1,0 \text{ км/км}^2$ .

Юго-восточные районы Воронежской области отличаются большой расчлененностью балочной сетью, протяженность которой составляет  $3080 \text{ км}$ . При относительно небольшой распаханности ( $0,64 \%$ ), очень низкой облесенности ( $0,2 \%$ ) и незначительной емкости построенных прудов ( $36,2 \text{ млн м}^3$ ). Все это свидетельствует о большой величине остаточного весеннего стока, поступающего в балочную сеть (табл. 4).

Условия регулирования весеннего стока в юго-западных районах

Водосборы рек	Площадь км <sup>2</sup>	Площадь балок, км <sup>2</sup>		Емкость балок, км <sup>3</sup>	Регулирование прудами, млн м <sup>3</sup>	Возможность регулирования, млн м <sup>3</sup>		Остаточный сток, млн м <sup>3</sup>
		Пашня	Лес			1	2	
Богучар	2130	1400	171	16,4	4,1	55,0	3,7	37,1
Л. Богучарка	1110	650	95	5,3	3,1	18,9	10,5	12,6
Толучеевка	1376	870	125	6,1	1,4	23,6	19,1	31,0
Подгорная	416	320	81	1,8	2,5	7,1	3,9	4,7
Манина	505	410	118	2,2	3,2	8,5	4,8	5,7
Криуша	1000	523	60	4,4	3,0	17,1	9,5	11,4
Всего	6539	4173	650	36,2	19,0	130,2	144,0	102,5

Примечание: регулирование весеннего стока: 1 – агротехническими и лесомелиоративными мероприятиями, млн м<sup>2</sup>; 2 – прудами, млн м<sup>3</sup>.

Источником пополнения являются весенние талые воды, которые весной составляют 70–80 %, а в летнее время – до 20 % стока. Облесенность водосборов составляет 0,1–0,2 %, а распаханность – 0,58–0,81 %. Как установлено, наполнение таких водоемов происходит, также как и обычных прудов: в весеннее время водами весеннего стока. При этом скорость снижения уровня воды в них составляет 2–10, реже – 20 см/сутки. Под фильтрующим водоемом образуется инфильтрационный купол, который смещается по потоку грунтовых вод в сторону реки со скоростью от 1 до 20 см/сутки. Эту воду в течение летнего сезона можно отбирать с помощью водозаборных скважин, расположенных ниже фильтрующего водоема.

На юго-востоке Воронежской области такие водозаборы можно сооружать в фильтрующих балках, построенных на водосборах рек, где, в основном, распространены породы с высокой водопроницаемостью. Минимальные ненарушенные водные ресурсы подземных вод в годы 95 %-ной обеспеченности здесь могут достигать 2,0 м/сутки. Они находятся в зоне активного водообмена, то есть до глубины 100–128 м, включающей в себя безнапорные грунтовые воды. Глубина залегания их в крупных балках составляет около 10 м, а на водоразделах до 50 м. При этом учитывается величина минимального стока, регулируемая лесными полосами и построенными водоемами [4].

Так на площади Богучарского, Кантемировского, Верхнемамонского и Петропавловского районов грунтовые воды залегают на глубине до 10 м в долинах рек и нижних частях крупных балок, и более 30 м – на водоразделах. Коэффициенты фильтрации водосодержащих пород зависят от степени трещиноватости мела, мергелей и песчаников, а также от гранулометрического состава песков. Наибольшая трещиноватость меловых пород отмечается в зонах речных долин, где эти коэффициенты превышают 5 м/сут. В Богучарском районе водопроницаемость мело-мергельных водосодержащих пород обычно составляет менее 100 м<sup>2</sup>/сут. Лишь в долине реки Богучар, у с. Твердохлебовка, и на отдельных участках в долине

реки Дон эти показатели достигают 200 м<sup>2</sup>/сут. Значительная водопроницаемость верхне-среднедевонских водосодержащих песчаников отмечается в Верхнемамонском районе, севернее с. Верхний Мамон [5].

В Кантемировском районе относительно большая водопроницаемость мело-мергельных пород существует на небольшом участке, расположенном в долине реки Белая, около с. Воловоновка. В Петропавловском районе площадь с самыми высокими коэффициентами водопроницаемости находится в долине реки Толучеевка – от с. Петропавловки до с. Старое Меловое.

Удельные дебиты водозаборных скважин на юго-востоке Воронежской области на водораздельных участках составляют 0,1–1,0 м<sup>3</sup>/час, а в долинах рек и нижних частях крупных балок – до 18 м<sup>3</sup>/час, местами в Богучарском и Кантемировском районах они достигают 30 м<sup>3</sup>/час. За счет водозабора с искусственным пополнением подземных вод в Богучарском, Кантемировском и Петропавловском районах для орошения земель можно использовать около 100 млн. м<sup>3</sup> зарегулированного весеннего стока. Это позволит оросить 30–35 тысяч сельскохозяйственных угодий (табл. 5).

Наилучшие условия для этого существуют в нижних, а местами, и в средних частях крупных балок в долинах рек Богучар, Левая Богучарка, Криуша, Толучеевка и Манина. В верхних частях большинства балок можно использовать фильтрующие водоемы лишь в тех случаях, когда грунтовые воды находятся на глубине 20 м, удельные дебиты водозаборных скважин составляют 5 м<sup>3</sup>/час и емкости балок достаточны для сооружения водоемов емкостью не менее 500 тыс. м<sup>3</sup>. На остальной территории в верхних частях балок и на водоразделах грунтовые воды залегают глубоко, дебиты скважин невелики и отсутствуют емкости балок для регулирования весеннего стока.

Таким образом, сооружение систем с фильтрующими водоемами в юго-восточном районе позволит в значительной степени улучшить условия сельскохозяйственного водоснабжения, в результате использования балок, сложенных водопроницаемыми породами.

Таблица 5

Ресурсы подземных вод с учетом воздействия на речной сток и искусственного пополнения в юго-восточных районах Воронежской области

Бассейн реки	Общая площадь, км <sup>2</sup>	Подземный сток, млн м <sup>3</sup>	Минимальный весенний сток, млн м <sup>3</sup>	Допустимый сток с учетом влияния на реки и искусственное пополнение, млн м <sup>3</sup>
Богучар	2130	17,0	4,8	12,2
Л. Богучарка	1110	9,3	2,4	6,9
Толучеевка	4129	14,0	3,6	10,4
Подгорная	416	4,7	0,1	4,6
Манина	505	4,7	0,1	4,6
Криуша	1000	10,8	2,4	8,4
Всего	6539	60,5	-	-

Примечание: подземный, минимальный и допустимый стоки даны в 95 %-ной обеспеченности.

Искусственное регулирование ресурсов подземных вод имеет важное народнохозяйственное значение, поскольку при дальнейшем росте водопотребления в области оно станет основным способом удовлетворения потребностей в воде. Одновременно будут пополняться ресурсы подземных вод зоны активного водообмена, а также решаться другие природоохранные мероприятия – улучшение режима малых рек за счет увеличения составляющей подземного стока и уменьшения эрозионных процессов на водосборе.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Доклад о состоянии окружающей среды на территории Воронежской области в 2013 году / Департамент природных ресурсов и экологии Воронежской области. – Воронеж: Изд-во ВГУ. – 2014. – 192 с.
2. Карамбиров, Н. А. Сельскохозяйственное водоснабжение / Н. А. Карамбиров. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1986. – 351 с.

3. О состоянии хозяйственно-питьевого водоснабжения Воронежской области и обеспечении населения доброкачественной питьевой водой. Информационный бюллетень / Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Воронежской области, ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Воронежской области». – Воронеж, 2014. – 43 с.

4. Смольянинов, В. М. Подземные воды Центрально-Черноземного региона: условия формирования и использования / В. М. Смольянинов. – Воронеж: Истоки. – 2003. – 240 с.

5. Смольянинов, В. М. Прогнозные ресурсы подземных вод зоны активного водообмена с учетом воздействия отбора на речной сток и возможности искусственного пополнения подземных вод в центрально-черноземном регионе / В. М. Смольянинов // Вестн. Воронеж. гос. ун-та. Сер.: Геология. – 2014. – № 2. – С. 141–147 с.

6. Экологическая ситуация по районам и городским округам Воронежской области в 2014 году. Стат. бюл. / Воронеж-стат. – Воронеж. – 2015. – 14 с.

Воронежский государственный педагогический университет

Смольянинов В. М., доктор географических наук, профессор кафедры географии и туризма  
Тел.: 8 (473) 253-32-70

Яценко Н. М., аспирант кафедры географии и туризма  
E-MAIL: ADANSONIA@YANDEXRU  
Тел.: 8-951-569-50-82

VORONEZH STATE PEDAGOGICAL UNIVERSITY

SMOLYANINOV V. M., DOCTOR OF GEOGRAPHICAL SCIENCES, PROFESSOR  
DEPARTMENT OF GEOGRAPHY AND TOURISM  
TEL: 8 (473) 253-32-70

YATSENKO N. M., POSTGRADUATE OF THE DEPARTMENT OF GEOGRAPHY AND TOURISM  
E-MAIL: ADANSONIA@YANDEXRU  
TEL: 8-951-569-50-82