

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**ФГБУ ВО «Воронежский государственный  
технический университет»**

**Разиньков Н.Д., Овчинникова Т.В.,  
Куприенко П.С., Ашахмина Т.В.,  
Корпусов А.Ю.**

**ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИРОДНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ  
СИСТЕМЫ: ПРОБЛЕМЫ И РЕГИОНАЛЬНЫЙ ОПЫТ  
УПРАВЛЕНИЯ**

**2019**

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**ФГБУ ВО «Воронежский государственный технический  
университет»**

**Разиньков Н.Д., Овчинникова Т.В.,  
Куприенко П.С., Ашихмина Т.В.,  
Корпусов А.Ю.**

**ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИРОДНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ  
СИСТЕМЫ: ПРОБЛЕМЫ И РЕГИОНАЛЬНЫЙ ОПЫТ  
УПРАВЛЕНИЯ**

**Монография**

**Воронеж  
Издательство «Цифровая полиграфия»  
2019**

**Рецензенты:**

И.И. Косинова, доктор геолого-минералогических наук, профессор  
Воронежского государственного университета

П.С. Русинов, доктор географических наук, профессор Воронежского  
государственного педагогического университета

- P17 Разиньков Н.Д.** Гидрологические природно-технические системы: проблемы и региональный опыт управления: проблемы и региональный опыт управления: Монография. / Разиньков Н.Д., Овчинникова Т.В., Куприенко П.С., Ашихмина Т.В., Корпусов А.Ю. – Воронеж: Издательство «Цифровая полиграфия», 2019. – 132 с.

Основанием для написания монографии «Гидрологические природно-технические системы: проблемы и региональный опыт управления» послужил скопившийся за большой промежуток времени фактический информационный материал по рекам и искусственным водоёмам Воронежской области. Обследования были организованы комиссиями федеральных и региональных органов власти, целью которых являлось принятие решений природоохранной, экологической и техногенной безопасности.

В монографии рассматриваются особенности речных бассейнов и искусственных водоёмов Воронежской области, причины их деградации в результате антропогенного воздействия.

Издание рассчитано на специалистов, занимающихся вопросами гидрологии, экологии и безопасности природной и техногенной среды. Монография будет полезна преподавателям университетов региона, преподающим по направлениям гидрологии, природопользования, геоэкологии, техносферной и природной безопасности, а студентам окажется подспорьем при написании курсовых и дипломных работ.

Ил. 44, табл. 24, библиограф.: 56 назв.

© Разиньков Н.Д., Овчинникова Т.В.,  
Куприенко П.С., Ашихмина Т.В.,  
Корпусов А.Ю., 2019

**Оглавление**

Введение .....	4
1. Исторические и современные особенности формирования гидрологических ПТС на территории Воронежской области .....	6
2. Антропогенное давление на реки Воронежской области как фактор возникновения геоэкологических проблем .....	18
2.1. Геоэкологическая ситуация на реке Дон .....	21
2.2. Общие сведения о гидрологическом районировании территории Воронежской области с учётом антропогенного давления на водосборные площади .....	30
2.3. Геоэкологическое состояние рек Девицкого гидрологического района .....	33
2.4. Геоэкологическое состояние рек Воронежского гидрологического района .....	38
2.5. Геоэкологическое состояние рек Битюго-Хопёрского гидрологического района .....	72
2.6. Геоэкологическое состояние рек Чёрнокалитвинского гидрологического района .....	96
2.7. Геоэкологическое состояние рек Подгоренского гидрологического района .....	106
Заключение .....	126
Список литературы .....	127

## **Введение.**

Начиная с XVIII в. донская земля в нашем крае неожиданно оказалась востребованной для корабелов: был построен первый российский флот. Вместе со строительством флота создавались на Черноземье первые гидрологические природно-технические системы (далее – ГПТС) на р. Воронеж и других реках, послуживших базой строительства кораблей.

После страшной засухи 1891 – 1892 гг. и наступившего голода, жители Черноземья стали повсеместно возводить плотины и создавать пруды. Многие плотины со временем ветшали и разрушались, но полученный опыт борьбы с засухой получил свое продолжение.

Воронежская область в период колхозного строительства была одной из лидирующих житниц страны, в каждом сельскохозяйственном предприятии было по несколько искусственных водоёмов, которые обеспечивали нужды сельского хозяйства.

В свою очередь наука этого периода не стояла на месте: под руководством Н.И.Вавилова была создана крупнейшая в мире коллекция семян зерновых культур; К.А.Тимирязев выявил взаимосвязь сохранения энергии с процессом фотосинтеза; В.В. Докучаев открыл закон почвообразования и объяснил, почему в различных природных условиях возникают неодинаковые почвы. Хотя с позиций современных знаний, некоторые утверждения В.В. Докучаева сегодня кажутся неправомерными. Его идея по уменьшению водопотерь в публикации «Наши степи прежде и теперь», где предлагается «реку Дон сузить и выпрямить, уничтожить перекаты, уменьшить весенние разливы, а малые реки перегородить капитальными платинами» [12].

В настоящее время мы многократно можем убедиться, как негативно влияют «капитальные платины» на экологическую обстановку окружающей среды не только малых рек Воронежской области, но и всей России.

Сложность обустройства гидрологических ПТС требует профессионального управления водными ресурсами на региональном уровне в конкретных территориальных условиях, исходя из общих правил управления водопользованием и специфики природного многообразия водотоков.

О деградации водных объектов в регионе говорится постоянно уже на протяжении полувека. Этому посвящено ряд работ региональных учёных-гидрологов [19, 22, 26, 27, 28, 39]. В этих работах в той или иной мере отмечается, что основные факторы негативного влияния на реки исходят от проживающего населения и хозяйствующих субъектов.

Только тогда можно стабилизировать ситуацию по деградации рек и провести их «реновацию», другими словами - обновление и улучшение, если исключить следующие негативные тенденции:

*a)* необоснованная зарегулированность рек, т.е. расчёты по так называемым санитарным попускам для русловых плотин не проводились, исключение – Воронежский гидроузел;

*b)* широкомасштабное осушение пойменных болот и земель собственниками территорий; несмотря на то, что в последние десятилетия такие масштабные работы официально не проводились и не были утверждены и согласованы на областном уровне, созданные в предыдущие годы мелиоративные системы разрушаются, не возвращая пойму в исходное состояние;

*c)* руслорегулирование и расчистка рек проводится необдуманно, игнорируя геофизические аксиомы в отношении гидрологических процессов;

*d)* продолжающаяся распашка склонов долин без учёта эрозионных процессов и даже участков пойм;

*e)* всё увеличивающиеся сбросы загрязняющих веществ в реки, о чём свидетельствует эвтрофикация и зарастание рек прибрежно-водной растительностью – камыши, осока и др.;

*f)* застраивание пойменных участков рек, что приводит не только к деградации рек, но и к значительным наводнениям в этих местах по отношению к жителям, проживающим в таких строениях.

Ситуация с деградацией рек усугубляется происходящими климатическими изменениями, стали часты половодья с крайне малым расходом талых вод, например, в 2019 г. максимальный уровень Дона на историческом гидропосту в с. Гремячье в половодье был всего лишь +6 см относительно «0» гидропоста! Это антирекорд половодья за весь период наблюдений; гидропост действует с 1877 года.

Очевидно, время пришло говорить об управлении созданными гидрологическими природно-техническими системами, экологическом менеджменте, что требует серьёзной научной проработки, так как каждый малый водоток, каждая река требует к себе индивидуального подхода, должен быть реализован бассейновый подход в управлении водными ресурсами.

# 1. Исторические и современные особенности формирования гидрологических ПТС на территории Воронежской области.

Водотоки на поверхности земли (постоянные и временные) являются саморегулирующимися, или их ещё иногда называют спонтанными [1], гидрологическими системами. Такая природная, а в настоящее время – природно-техническая система (ПТС) (в Воронежском регионе это точно!) – постоянно в движении, трансформации, осуществляющаяся внутренняя её перестройка является откликом на происходящие природные изменения и антропогенные вмешательства. Данные изменения приводят к русовым переформированием, меняется режим водотока, возникают новые, часто негативные, экологические свойства окружающей среды. В основе данных изменений лежит изменяющийся режим водотока – скорость водного потока, его уровень или высота относительно дна русла либо балки, расход водного потока и продолжительность его изменений и величина (например, паводковые воды), твёрдый сток и др.

Гидрологическая природно-техническая система (ГПТС) является исключительно сложной как по числу участвующих в ней природных и техногенных факторов (часть из них перечислены выше), так и по их функциональным связям взаимодействия. Разработка математической модели реальной ГПТС, особенно в условиях развивающейся агломерации, в том числе Воронежской, учитывающей все её многочисленные природные и техногенные факторы, не представляется возможным как из-за её сложности, так и из-за ограниченности данных натурных наблюдений, а расширение гидрологических изысканий не представляется возможным из-за ограниченности временных и финансовых возможностей при решении прикладных задач – установление зон затоплений, мелиорация и организация сброса сточных вод, проектирование ливневой канализации и дорожных сетей, строительство мостовых переходов и автодорог и др.

В результате антропогенного воздействия в условиях образования и развития городских агломераций в Центрально-Чернозёмном регионе, интенсивного водопользования как поверхностными, так и подземными водами, изменяется количество воды в водных объектах, нарушается установившийся водный баланс, изменяется гидрологический режим. При этом изменяется качественный состав воды, чаще всего в худшую сторону. В наиболее развитых регионах России уже в 1980 – 1990-х гг. начали действовать программы по реабилитации или рекультивации [2].

Чрезмерное антропогенное давление на водные объекты в Воронежском регионе привело к тому, что фактически не осталось гидрологических систем так или иначе не подвергшихся существенным изменениям. Даже река Дон стала во многих местах частично зарегулированным водотоком, водозаборы и коллекторы сбросов находятся

на всём протяжении реки в регионе, а загрязнения по отдельным ингредиентам стали по существу фоновыми [3].

При системном рассмотрении трансформированных гидрологических ПТС в рамках бассейна (рис. 1), а в настоящее время бассейновый подход в геэкологии является наиболее перспективным [4], на территории Воронежской области наблюдается определённая ограниченность водных ресурсов в условиях дальнейшего развития.



Рис. 1 – Бассейновая ГПТС и место в ней антропогенного фактора влияния.

Следует отдельно сказать о доминирующем показателе антропогенного воздействия. Несмотря на стремительный рост технологий производств, тем не менее, в нашей стране можно ещё в основном увязать количество находящихся людей на территории, занимаемой исследуемой ГПТС, и негативные факторы, влияющие на трансформацию и преобразование территориально распределённой гидрологической системы. Исключение разве что могут составить районы нефтегазодобычи и других масштабных территорий добычи минеральных ресурсов.

Выявлена некая зависимость антропогенного давления на территорию в зависимости от плотности населения [5]. Эту зависимость вполне можно трансформировать на бассейн ГПТС, что позволит в начале исследования проблемы деградации водных объектов в Воронежской области оттолкнуться от фоновых: в масштабах нашей огромной страны ещё обладающей значительными природными или нетронутыми территориями – 46,7 %.

Формула для оценки коэффициентов антропогенного давления на территорию имеет вид [5]:

$$\lg K = 0,90 \cdot \lg PН - 0,97,$$

где ПН – плотность населения, чел/км<sup>2</sup>.

Табл. 1 характеризует место Воронежского района и Воронежской агломерации в ряду сравнения с территорией Центрального федерального округа и России в целом.

Таблица 1

## Коэффициенты антропогенного давления (К) на территории

Территория	Площадь, тыс. км <sup>2</sup>	Население, тыс. чел.	Плотность населения, чел/км <sup>2</sup>	К
Воронежская агломерация	10,51	1318,4	125,4	8,3
Воронежская область	52,22	2327,8	44,6	3,3
ЦФО	650,7	37360	57,4	4,1
Россия	17075,4	176781	8,6	0,7

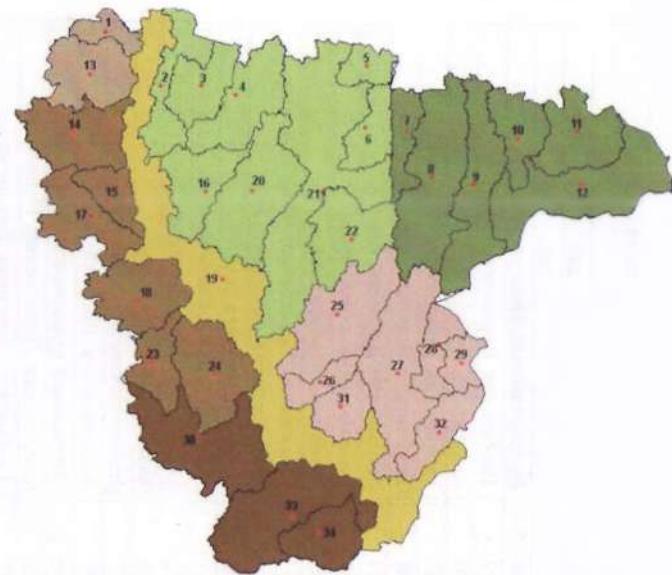
Высокий коэффициент антропогенного давления в Воронежской области свидетельствует, что антропогенное давление на территорию является высоким, а для Воронежской агломерации – чрезмерно высоким. Это приводит к тому, что в регионе территория практически близкой к природной среде осталась только в заповедниках: Хопёрском (0,3 % от общей территории региона) и Воронежском (0,3% – часть территории заповедника, расположенного на территории Воронежской области). Причём в отношении сохранности природной территории Воронежского заповедника систематически возникают судебные дела.

Показатель К характеризует прежде всего локальное антропогенное давление, что следует из табл. 2, составленной для городов Воронежской области, его нельзя распространить на весь бассейн изучаемой гидрологической ПТС (рис. 2). Например, коэффициент антропогенного давления в городах Воронеж и Семилуки примерно одинаков, но очистных сооружений в Семилуках нет, а сбрасываемые сточные воды поступают на правобережные очистные сооружения г. Воронежа.

Таблица 2

## Коэффициенты антропогенного давления (К) для городов Воронежской области

Город	Площадь, км <sup>2</sup>	Население, тыс. чел.	Плотность населения, чел/км <sup>2</sup>	К
Воронеж	596,51	1039,8	1743	1,95
Россошь	59,06	62,9	1065	1,75
Борисоглебск	49,0	62,7	1279	1,83
Лиски	65,0	54,2	834	1,66
Острогожск	22,0	32,7	1487	1,89
Нововоронеж	46,13	31,6	685	1,58
Семилуки	14,0	26,8	1914	1,98
Павловск	8,22	25,0	3047	2,17
Бутурлиновка	37,72	24,7	654	1,56
Бобров	22,0	20,6	937	1,70
Калач	20,0	19,0	952	1,71
Поворино	18,0	17,1	950	1,71
Богучар	13,0	11,3	869	1,68
Эртиль	20,0	10,4	521	1,48
Новохопёрск	14,0	6,2	442	1,41



## Среднерусская возвышенность:

- – I район (1 – Б. Верейка, 13 – Бедуга): верхнедевонские известняки
- – II район (14 – В. Девица, 15 – Н. Девица, 17 – Потудань, 18 – Тихая Сосна, 23 – Ольховатка, 24 – Россось): ледниковые суглинки, пески и глины палеогена, мела и мергели верхнего мела
- – III район (30 – Черная Калитва, 33 – Богучар, 34 – Левая Богучарка): мела и мергели верхнемелового возраста

## Калачская возвышенность:

- – IV район (25 – Осередь, 26 – Гаврило, 27 – Толучеевка, 28 – Подгорная, 29 – Манина, 31 – Мамоновка, 32 – Кричча): ледниковые суглинки, пески и глины палеогена, мела и мергели верхнемелового возраста

## Окско-Донская низменность:

- – V район (2 – Воронеж, 3 – Усмань, 4 – Хава, 5 – Эртиль, 6 – Курлак, 16 – Хворостянь, 20 – Икорец, 21 – Битюг, 22 – Чигла): ледниковые четвертичные суглинки
- – VI район (7 – Токай, 8 – Елань, 9 – Савлата, 10 – Карабан, 11 – Ворона, 12 – Хопер): ледниковые четвертичные суглинки, неогеновые пески и глины

■ – водосбор р. Дон в границах Воронежской области

19 – номера и центроиды водосборов

Рис. 2 – Комплексная карта-схема, характеризующая рельефные и геологические особенности речных водосборов Воронежской области [6].

На рис. 2 римскими цифрами обозначены районы геологических образований: I – верхнедевонские известняки; II – ледниковые суглинки, пески и глины палеогена, мела и мергели верхнемелового возраста; III – мела и мергели верхнемелового возраста; IV – ледниковые суглинки, пески и глины палеогена, мела и мергели верхнемелового возраста; V – ледниковые четвертичные суглинки; VI – ледниковые четвертичные суглинки, неогеновые пески и глины; VII – аллювиальные отложения р. Дон в границах Воронежской области.

Таблица 3

## Основные реки Воронежской области и их характеристики

№ п/п	Река	Гидроло- гический район	Длина общая, км в т.ч. по области	Куда впадает, с какого берега и расстояние (км) от устья	Территории расположения реки
1	Верейка (Б. Верейка)	1	45/45	Дон (пр), 1468	Семилукский, Рамонский
2	Воронеж	2	342/86,9	Липецкая, Воронежская	
3	Усмань (Усманка)	2	151/104,8	Воронеж (лв), 74	Липецкая, Воронежская
4	Хава	2	97/97	Усмань (лв), 54	Верхнехавский, Новоусманский
5	Эртиль	3	92/54,6	Битюг (лв), 229	Тамбовская, Воронежская
6	Курлак	3	78/78	Битюг (лв), 170	Анинский, Эртильский
7	Токай	3	131/92,5	Б. Елань (пр), 67	Тамбовская, Воронежская
8	Елань	3	165/145	Савала (пр), 50	Тамбовская, Воронежская
9	Савала	3	285/168,4	Хопёр (пр), 239	Тамбовская, Воронежская
10	Карачан	3	95/71	Хопёр (пр), 361	Тамбовская, Воронежская
11	Ворона	3	454/65,3	Хопёр (пр), 403	Тамбовская, Воронежская
12	Хопёр	3	979/206	Дон (лв), 823	Пензенская, Саратовская, Воронежская, Волгоградская
13	Ведуга	1	94/82,6	Дон (пр), 1439	Курская, Воронежская
14	В. Девица	1	89/89	Дон (пр), 1425	Нижнедевицкий, Семилукский, Хохольский
15	Н. Девица	1	54/54	Дон (пр), 1322	Острогожский, Репьёвский, Хохольский
16	Хворостань	2	79/79	Дон (лв), 1340	Каширский, Лискинский
17	Потудань	4	100/60,5	Дон (пр), 1317	Белгородская, Воронежская
18	Тихая Сосна	4	161/63,7	Дон (пр), 1299	Белгородская, Воронежская
19	Дон		1870/526	Азовское море	Липецкая, Воронежская, Ростовская
20	Икорец	2	97/97	Дон (лв), 1262	Бобровский, Лискинский, Панинский
21	Битюг	3,5	379/263	Дон (лв), 1197	Тамбовская, Липецкая, Воронежская
22	Чигла	3	75/75	Битюг (лв), 132	Бутурлиновский, Таловский

№ п/п	Река	Гидроло- гический район	Длина общая, км в т.ч. по области	Куда впадает, с какого берега и расстояние (км) от устья	Территории расположения реки
23	Ольховатка	4	40/40	Чёрная Калитва (лв), 84	Ольховатский, Каменский
24	Россошь (Сухая Россошь)	4	70/70	Чёрная Калитва (лв), 59	Подгоренский, Россошанский
25	Осередь	5	103/103	Дон (лв), 1244	Бутурлиновский, Павловский
26	Гаврило	5	48/48	Осередь (лв), 10	Павловский
27	Голучевка	5	72/72	Подгорная (пр), 70	Воробьёвский, Капачевский
28	Подгорная	5	138/138	Дон (лв), 983	Воробьёвский, Капачевский, Петропавловский
29	Манана	5	45/36,3	Подгорная (лв), 89	Волгоградская, Воронежская
30	Чёрная Калитва	4	162/104,4	Дон (пр), 1105	Белгородская, Воронежская
31	Мамоновка	5	35/35	Дон (лв), 1057	Верхнемамонский
32	Криуша	5	77/68	Подгорная (лв), 21	Волгоградская, Воронежская
33	Богучарка	5	101/101	Дон (пр), 1022	Богучарский, Кантемировский
34	Левая Богучарка	5	61/61	Богучар (пр), 8,6	Богучарский

Примечание: гидрологические районы установлены в соответствии с принципом географической зональности [19].

Гидрологическая система Воронежской области фактически определена реками Донского бассейна.

По рельефу территории региона делится на две резко отличные части: западную – высокую и восточную – низменную. Западная часть расположена в пределах Средне-Русской возвышенности и её южного продолжения – западной половины Калачской возвышенности (между низовьями рек Дона и Хопра); южная граница этой территории проходит по северо-западному краю Восточно-Донской гряды, образующей здесь высокое правобережье р. Дона на участке ниже впадения в него р. Богучар. Восточная часть территории региона является продолжением Окско-Цининского плато так называемой Окско-Донской низменности или Тамбовской равнины (рис. 2).

Следы таяния ледника по территории Воронежской области легко обнаружить по морфологии долин рек и балок. Непосредственно с этим связываются в пониженных местах местности геологические накопления флювио-гляциальных отложений. Дальнейшее развитие рельефа связывается с деятельностью текущих вод, образовавших современную гидрографическую сеть.

В Воронежской области в департаменте природных ресурсов и экологии Воронежской области состоит на учёте 256 рек, которые частично (58 рек) либо полностью (198 рек) протекают по региону. Исходя из значимости водотоков для региона и их природных особенностей принято выделять 35 рек (табл. 3), бассейны которых оконтурены для наглядности на рис. 2.

«Реки являются продуктом климата», – утверждение известного русского климатолога А.И. Воейкова как аксиома гидрологии поверхностных вод суши. Вместе с этим водоносность реки определяет строение земной поверхности, от которого зависит величина площади бассейна реки, а, следовательно, и результирующий сток.

Миллионы лет назад на территории Воронежской области была другая речная сеть, например, в наиболее близкое к настоящему времени эпоху миоцена:  $23,03 \div 5,333$  млн. лет назад (рис. 3 а, б, в). На рисунке жёлтым цветом выделены долины Палео-Дона, зелёным – дельтовые равнины, голубым – море.

Далее следовали периоды жизни Дона: Ергень-река –  $6,4 \div 3,6$  млн. лет назад, Андрея-река –  $3,6 \div 1,2$  млн. лет назад (рис. 3 г, д).

В современном геологическом четвертичном периоде бассейн Дона подвергался великим оледенениям, в результате чего понижались уровни морей, а следовательно, происходили врезания рек, образовывались террасы, которые в настоящее время в долине реки легко обнаружить. Всего у Дона отмечается пять неоплейстоценовых ( $800 \div 10$  тыс. лет назад) террас.

Под речными террасами (фр. terrasse – площадка) принято понимать горизонтальные или слегка наклоненные по течению площадки в долинах рек. Как видно из рис. 3, Дону было где «разгуляться» в эпоху оледенений.

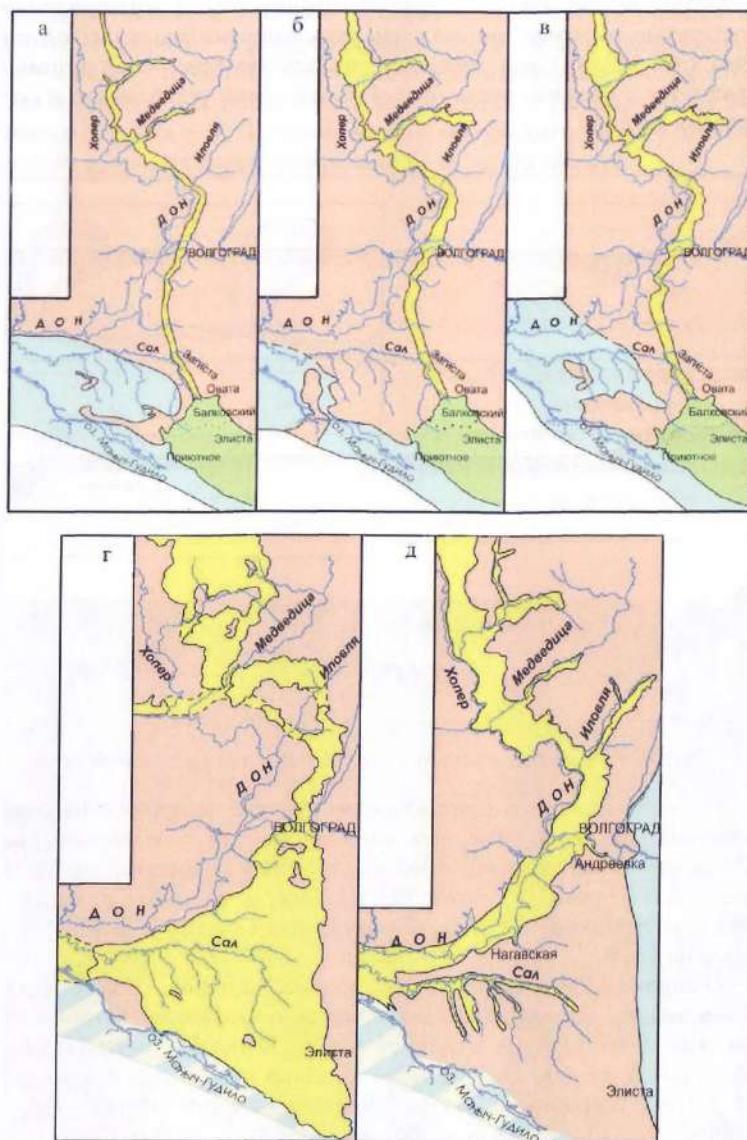


Рис. 3 – Палео-Дон во времена эпохи миоцена.

- а) Чокрак-караганское время:  $16 \div 13,5$  млн. лет назад;
- б) Конкское время: 13 млн. лет назад;
- в) Раннесарматское время:  $12 \div 13$  млн. лет назад;
- г) Ергень-река:  $6,4 \div 3,6$  млн. лет назад;
- д) Андрея-река:  $3,6 \div 1,2$  млн. лет назад.

Механизм образования террас на равнинной реке представлен на рис. 4. Постепенно размывая дно долины, река идёт сначала по одной стороне долины (рис. 4 а), затем переходит на другую (рис. 4 б), потом снова возвращается в прежнее русло (рис. 4 в), всё время углубляя его и оставляя на склонах ступени.

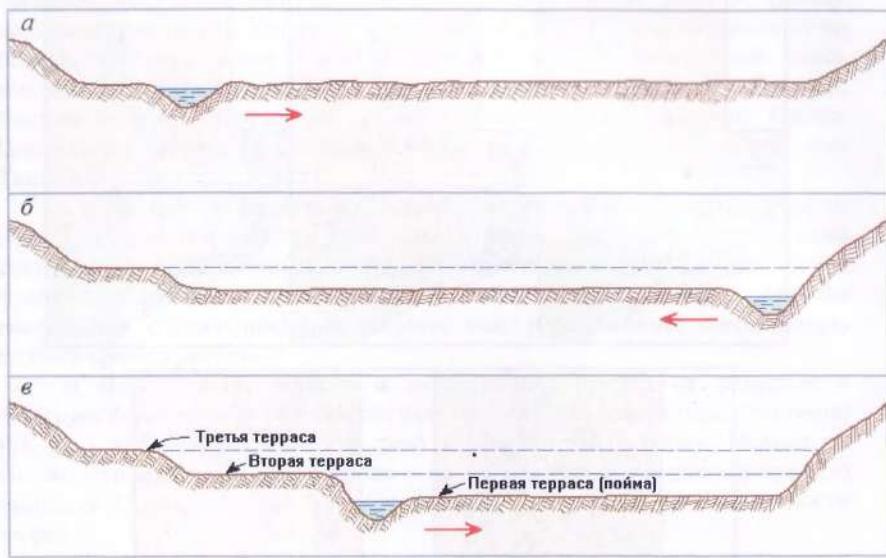


Рис. 4 – Схема образования террас в долине равнинной реки.

Геологические эпохи сменяли одну другую, на которые наслаждались ледниковые периоды. Так называемое донское оледенение, которое наблюдалось около 600 тыс. лет назад, произвело существенные изменения в морфологии реки, особенно в верхних и средних участках Дона. Границами ледника в эту эпоху были склоны Среднерусской и Калачской возвышенностей.

Обширные долины бывших водных потоков, позже ставшего ледника, мы наблюдаем в настоящее время, по тальвегам которых стекают временные и постоянные водотоки в Дон. Основные реки Воронежской области по состоянию долинных ландшафтов можно отнести к «старым»: Дон, Битюг, Воронеж, Хопёр, Ворона и многие другие. По днищу протяжённых долин располагаются обширные поймы рек, местами достигающие в ширину нескольких километров, русла рек сопровождают многочисленные пойменные озёра (рис. 5), пойменный рельеф испещрён так называемыми пойменными гравиями – флювиальные формы рельефа.

При старении река мелеет, образует островки, разветвляется на отдельные потоки, например, на реке Дон в Воронежской области у с. Щучье в Лискинском районе и у г. Павловска. Наиболее сильный поток

реки принято называть главным руслом, остальные – рукавами либо протоками. Ускорить переформирование реки может антропогенный фактор – в виде устройства русской плотины или порога либо мостового перехода с дамбой для подводящих дорог (рис. 6). На вырезке из карты пойменного участка у г. Боброва можно обнаружить даже в названиях последствия русловых переформирований – «Старый Битюг».

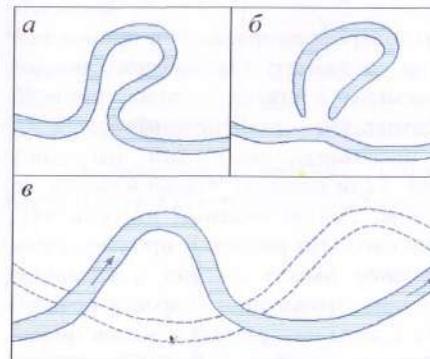


Рис. 5 – Движение реки вдоль долины:  
а – излучина; б – старица; в – схема передвижения реки вдоль долины.

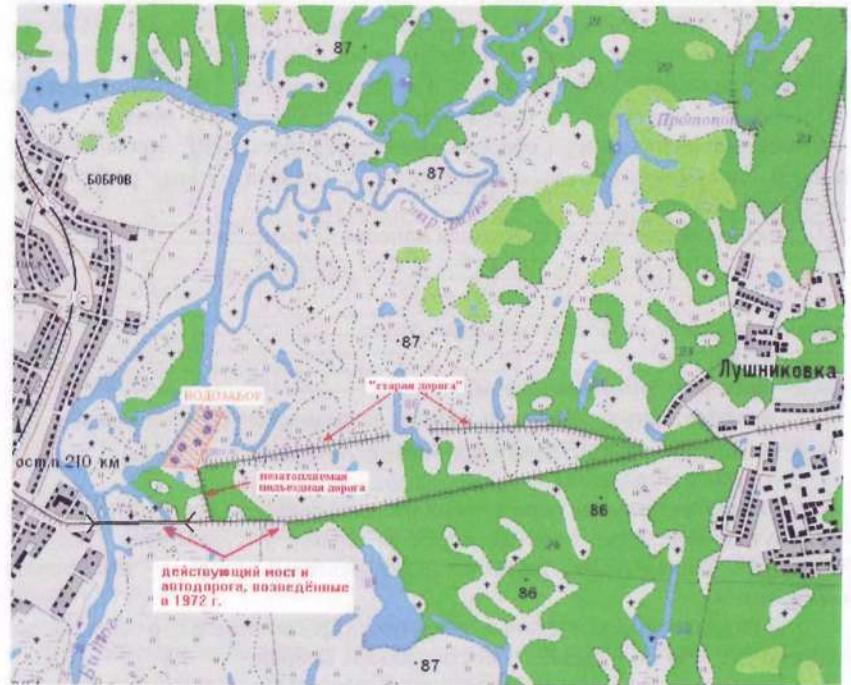


Рис. 6 – Пойма реки Битюг у г. Боброва шириной 2,8 км.

Таблица 4

Зависимость параметров формулы расхода наносов от категории крупности донных отложений

Вид донных отложений	Категория крупности донных отложений	Коэффициент внутреннего трения, $f$ , б/р	Сцепление частиц грунта при сдвиге, с, кг/(м·с <sup>2</sup> )
Суглинки	2	0,94	2,01
Песок	3	0,943	3,93
Песчано-галечные	4	0,95	5,23
Галька	5	0,96	5,5
Галечно-гравелистые	6	0,98	5,5

В качестве расчётного створа для рассматриваемого примера воспользуемся створом из проекта реконструкции моста (рис. 7).

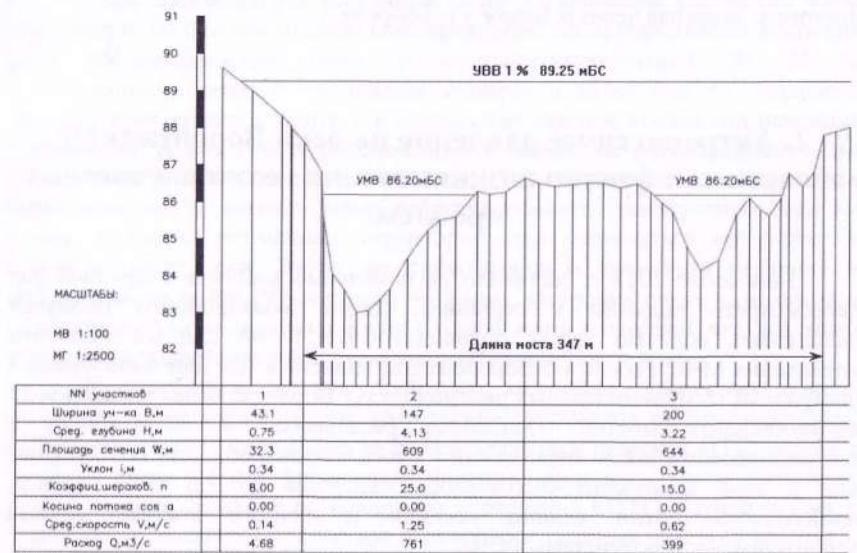


Рис. 7 – Створ подмостового пространства  
(вырезка из схемы общего морфоствора поймы р. Битюг  
вдоль дорожного перехода через реку).

Из гидрологических изысканий 2016 г., проведённых ООО «ГеоТехТранс», возьмём расчётные данные по расходам для различных обеспеченностей:

$$Q_1 = 1730 \text{ м}^3/\text{с}, Q_2 = 1470 \text{ м}^3/\text{с}, Q_5 = 1140 \text{ м}^3/\text{с}, Q_{10} = 881 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Преобладающим видом донных отложений в рассматриваемом месте являются суглинки: из табл. 4  $f = 0,94$ ;  $c = 2,01 \text{ кг}/(\text{м} \cdot \text{с}^2)$ .

$$I = 0,34 \cdot 10^{-3}.$$

Во время разливов с затоплением поймы (10 % обеспеченности половодья) речная вода простирается на рассматриваемом участке от г. Боброва до п. Лушниковка, затапливая при этом пониженные участки селитебных территорий. В 2018 г. на территории городского поселения город Бобров, в состав которого входит и п. Лушниковка (рис. 6) в зоне затопления оказались 216 приусадебных участка с населением 232 чел., 50 домов с количеством проживающих 68 чел.

Для пояснения происходящих руслопереформирований в поймах рек приведём всем известное свойство воды удерживать взвешенные фракции грунта. Яркий и простой пример: насыпем в стакан с водой немного мелкого речного песка и быстро его размешаем – даже крупные песчинки будут держаться в воде. Данный несложный опыт даёт наглядное представление о «взвешенных наносах». Если оставить стакан в покое, то сразу песчинки начнут отлагаться на дне. Это же явление, по существу, происходит в водотоках при замедлении скорости потока. В происходящих русловых процессах наибольшее значение имеют именно взвешенные наносы: отлагаясь на дне и на берегах при уменьшении скорости речного потока, наносы сильно изменяют русло. Следы паводковых наносов можно обнаружить в виде так называемых пойменных гравийных гряд.

Для оценки происходящих руслопреобразующих процессов в поймах равнинных рек, которыми являются реки Воронежской области, целесообразно воспользоваться аналитической формулой расхода наносов [7], предлагаемой сотрудниками Государственного гидрологического института, который разрабатывает Своды правил по гидрометеорологическому обоснованию предпроектной, проектной и рабочей документации в соответствии с действующим российским законодательством.

Эмпирическая формула расхода наносов  $G$  имеет вид:

$$G = 1,59 \cdot Q \cdot \left[ \frac{h}{g} - (1 - f) \cdot 1000 \cdot I \right],$$

где  $g$  – ускорение свободного падения,  $\text{м}/\text{с}^2$ ;

$I$  – уклон дна;

$h$  – средняя глубина потока, м;

$f$  – коэффициент внутреннего трения, безразмерная величина (б/р);

$c$  – сцепление частиц грунта при сдвиге,  $\text{кг}/(\text{м} \cdot \text{с}^2)$ ;

$Q$  – расход воды,  $\text{м}^3/\text{с}$ .

В качестве примера определения расхода наносов  $G$  рассмотрим вышеупомянутый мостовой переход через р. Битюг у г. Боброва (рис. 6). Исходные данные для расчёта используются от двух источников информации:

1) гидрологические данные гидропоста, расположенного на р. Битюг выше на 500 м автомобильного моста около г. Бобров;

2) результаты гидрологических изысканий проекта реконструкции моста, проведённого в 2016 г.

Уровни высоких вод расчётные:

Обеспеченность	1 %	2 %	5 %	10 %	Межень летняя (м.л.)
Уровень, м БС	89,25	89,01	88,66	88,30	86,20
Средняя высота потока под мостом, м	3,61	3,37	3,02	2,66	1,60

Подставляя исходные данные в эмпирическую формулу определения расхода наносов  $G$  получим:

$$G_{1\%} = 101,2 \text{ кг/с}; G_{2\%} = 93,5 \text{ кг/с}; G_{5\%} = 90,6 \text{ кг/с}; G_{10\%} = 84,0 \text{ кг/с}; G_{\text{м.л.}} = 0,3 \text{ кг/с.}$$

По результатам расчётов можно сделать однозначный вывод, что во время высоких вод во время половодья идут значительные руслопереформирования. Данный вывод будет использован ниже при рассмотрении причин возросших рисков затопления территорий выше мостового перехода через р. Битуг у г. Боброва.

## 2. Антропогенное давление на реки Воронежской области как фактор возникновения геоэкологических проблем.

Половодье 2018 г. заставило региональные власти в очередной раз пересмотреть подходы к решению задачи безаварийного пропуска паводковых вод. Во время половодья 2018 г. по данным Главного управления МЧС России по Воронежской области в той или иной степени пострадали 18 муниципальных районов и г.о.г Воронеж, были затоплены 22 автомобильных мостов. Половодье развивалось в соответствии с географическими закономерностями – с юга на север области. В отдельные дни в зоне затопления оказывалось население до 2,6 тыс. человек, привлекались сотни единиц техники и личного состава звеньев территориальной подсистемы РСЧС.

Аномальное половодье 2018 г. на реках Воронежской области озадачило не только властные органы, но и деятелей от научно-практического сообщества от гидрологии. Были поставлены вопросы перед Воронежским гидрометеоцентром о способности прогнозистики оценивать складывающуюся гидрологическую обстановку: во время половодья деятельность гидрометеоцентра заключалась лишь в констатации фактов. Федеральные и региональные чиновники от гидрологии находились в полном замешательстве, так как требовалась объяснения о происходящих событиях, а их не было. Проводились многочисленные совещания, которые, как правило, заканчивались обещаниями разобраться с выявленными проблемами и их разрешением. Всё время возникал вопрос: «Как оказались проживающие

люди в зоне затопления?». Таким образом возникла кризисная ситуация в гидрологической природно-технической системе (ГПТС).

Бессспорно, на безлюдных пространствах России такой ситуации быть в принципе не может. В Воронежской области, которая исторически развивалась как аграрный регион, поселения людей вынуждены были размещаться на неудобьях, так как ровная незатопляемая поверхность всегда была средством жизни людей, на чернозёмах выращивалась сельскохозяйственная продукция. Со временем проживающие люди спускались ближе и ближе к воде, порой застраивая даже поймы. Этому способствовало и затянувшегося периода в последние десятилетия происходящих маловодных паводках. Предыдущее многоводное половодье в бассейне Дона случалось лишь в 1994 г. У людей крайне короткая память, что выходит за период 20 – 30 лет, то эти события оцениваются крайне редко происходящих, что, конечно же, не так.

После выдающегося половодья были установлены расчётные зоны затоплений, но они имели свою специфику, они были определены лишь для двух обеспеченностей: одно- и пятидесятипроцентной [8]. 50 % обеспеченность реально ощущалась людьми и население до недавнего времени и не думало строиться в местах, где каждый второй год приходят наводнения. А вот 100 % обеспеченность никого не останавливалась – ни органы власти, ни население. Хотя зоны 1 % обеспеченности половодья были занесены в документацию территориального планирования, тем не менее, застройка пойменных территорий стала опускаться всё ближе и ближе к руслу реки. Этому же способствовала последняя редакция и Водного кодекса РФ [9], согласно которому застройка стала возможной в потенциально затапливаемых зонах с одной лишь оговоркой, что для этого требуется осуществить требуемые инженерные мероприятия.

Не углубляясь в суть проблемы застройки пойменных земель законодатель не учёл того, что разрешение застраивать пойменные земли, собственно говоря, даёт добро на создание гидрологических ПТС, которые должны иметь общее управление функционирования, часто возникает необходимость создание бассейнового управления ГПТС. Заужая пойму в одном месте, создаётся подпор для вышерасположенных участков водотока, как следствие, возрастают потенциальные риски затоплений, меняется режим реки, происходят руслопереформирования.

Антропогенные воздействия на реки принято разделять на четыре группы.

① *Непосредственное влияние на расход рек путём водозабора из неё на промышленные и коммунальные нужды (водопотребление проживающим населением), орошение земель, забор воды для животноводства, переброска части стока реки на менее обводнённые территории.*

Перечисленные факторы характеризуют прежде всего водопользование (объём водозaborа, в том числе безвозвратное водопотребление, объём сброса или водоотведения), как результат – изменяется расход стока реки. Особенно сильное изменение в режиме

водотоков на данное обстоятельство возникает на малых реках – в условиях малых меженных расходов.

② *Непосредственное антропогенное влияние на расход рек при введении водохранилищ и прудов на реках и в водосборных бассейнах их.* Создание русловых плотин и их каскадов могут коренным образом изменить режим даже таких больших рек, как Волга, Днепр и др. Изменение режима реки, как правило, тем больше, чем больше отношение объёма водохранилища к общему стоку реки либо чем значительнее суммарная дополнительная площадь созданного поверхностного водоёма.

Влияние строительства прудов и водохранилищ в нормальном режиме эксплуатации может быть двояким. В зоне недостаточного увлажнения [10], пруды обычно наполняются за счёт весеннего стока и запасы воды в них расходуются частично на хозяйствственные нужды (водоснабжение, орошение), а частично на испарение с водного зеркала и фильтрацию ложа водоёма. Таким образом, в этом случае весенний сток снижается на объём наполнения прудов без соответственного увеличения стока в межень. Некоторое выравнивание распределения стока в году происходит только за счёт его уменьшения в многоводные периоды. Меженный сток в реках не увеличивается и даже несколько снижается за счёт задержки в прудах стока с части водосбора, тяготеющей к ним.

В рассматриваемом Воронежской области снижение годового стока рек за счёт искусственных водоёмов является заметным и достигает 15 %, в маловодные годы до 30 % [11].

③ *Косвенное антропогенное влияние на расход рек в результате изменений условий стока в бассейне.* Такими видами воздействия на сток с бассейна реки являются:

- интенсивное сельскохозяйственное использование земель: распашка, водоудержание, например, создание польдерных систем и др.;
- осушительные мероприятия на заболоченных землях, например, для расширения площадей сенокосов в пойме р. Чёрная Калитва и др.;
- сведение лесов вдоль рек либо их восстановление существенно изменяют гидрологический режим, как правило, изменения происходят в течение десятилетий. Сведение лесов может происходить не только ввиду не понимания роли лесов для сохранения рек, но и в результате пожаров, как это произошло в 2010 г. в бассейнах рек Воронежской области;
- застройка водосборных площадей существенно изменяет характеристики поверхностного и подземного стоков, меняется качество вод;

- карьерные и шахтные разработки полезных ископаемых способствуют понижению грунтовых вод на больших территориях, например, карьеры для добычи гранитов под Павловском существенно понизили грунтовые воды. Ожидаящаяся шахтная добыча никелевых руд в бассейне р. Елань, безусловно существенно изменит её гидрологический режим, так как добыча руд и устройство шламонакопителей будет располагаться вблизи реки в широкой её долине.

④ *Происходящие климатические изменения в результате деятельности на Земле, в результате чего происходят изменения общих метеорологических и климатических характеристик (табл. 5), в том числе изменяется водный баланс, гидрологический режим рек.*

Таблица 5  
Климатические изменения в Воронежской области  
(агрометеостанция ВНИИСС (1946 – 2014 гг., р.п Таловая Воронежской области)

Периоды, годы	Температура, °C			Осадки, мм			Высота снежного покрова за ноябрь – март, см
	за год	апрель – октябрь	ноябрь – март	за год	апрель – октябрь	ноябрь – март	
1946 – 1974	5,6	13,7	-5,8	533	355	178	16
1975 – 1985	5,5	13,4	-5,5	597	375	222	16
1986 – 1988	6,5	14,5	-4,8	665	440	225	17
1999 – 2013	8,6	16,7	-2,9	668	398	270	16
2009 – 2014	8,6	17,3	-3,7	688	446	242	19
Изменения средних показателей периода за последние 6 лет 1946 – 1974 гг.	+3,0	+3,6	+2,1	+155	+91	+64	+3

Наблюдающиеся климатические изменения выражаются в следующем:

- изменения регионального климата и метеоусловий в результате сведения лесов, сооружения водохранилищ, мелиорации и др., например, в Воронежской области сгорело в 2010 г. 15 тыс. га леса;
- изменение глобальной циркуляции атмосферы, как результат, изменяется количество выпадающих осадков и их испарения;
- возникновения температурных аномалий над мегаполисами, смоговых явлений и др.

Ниже рассмотрим ранее выделенные гидрологические ПТС (рис. 2), образованные в бассейнах основных водотоков области, давая при этом краткую характеристику реки, её бассейна, пойменной застройки и иных техногенных объектов, влияющих на основной водоток бассейна.

## 2.1. Геэкологическая ситуация на реке Дон.

Главной рекой в Воронежской области является Дон (рис. 8).

Полная длина реки составляет 1967 км [39]. Все водотоки в регионе принадлежат к бассейну Дона. Река протекает по четырём областям: исток располагается близ г. Новомосковск в Тульской области, далее протекает по

Липецкой, Воронежской и Ростовской областям. Река впадает в Азовское море, устье Дона находится в г. Азов Ростовской области.

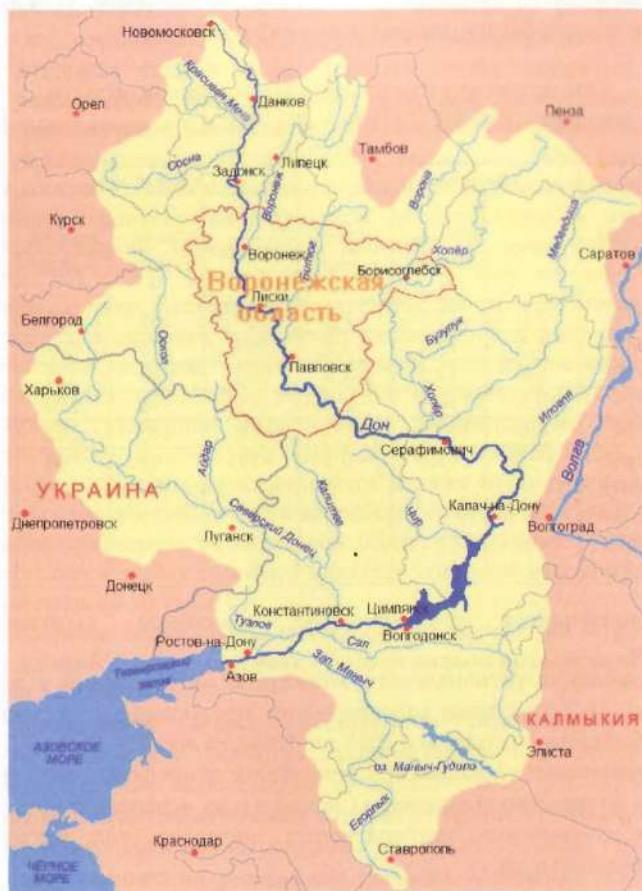


Рис. 8 – Географическое расположение р. Дона.

Река втекает в Воронежскую область из Липецкой области на 1492 км, а вытекает на 966 км от устья. Таким образом, длина реки по Воронежской области составляет 526 км. Протекая по Воронежской области с севера на юг Дон принимает на себя многочисленные притоки, увеличивая по мере их впадения свою водность: расход воды Дона у г. Задонска Липецкой области (рис. 8) составляет 127 м<sup>3</sup>/с, у г. Лиски – 252 м<sup>3</sup>/с, а уже у ст. Казанской Ростовской области 311 м<sup>3</sup>/с.

Дон принято разделять на три протяжённых участка: Верхний Дон (от истока до ст. Казанской – 947 км); Средний Дон (от ст. Казанской до устья р. Иловли – 410 км); Нижний Дон – 610 км [39].

Верхний Дон протекает в сравнительно узкой долине, которая по ширине в основном занимает пространство от 0,5 до 1 км. Правый берег является местами высоким, местами до 90 м, сильно изрезан балками и оврагами. Левый берег в основном пологий за редким исключением, например, в г. Павловске левый берег высокий, но здесь по утверждению местных краеведов не обошлось без вмешательства человека, Дон искусственно прижал к левому берегу.

Дон относится к так называемым «старым рекам», русло реки является извилистым, с частыми меандрами, много пойменных озёр. Тем не менее, Верхний Дон продолжает эродировать, о чём можно судить по меженным уровням на гидропостах – они имеют отрицательное значение. Изначально «нули» гидропостов устанавливаются ниже самой низкой межени с некоторым запасом, чтобы на гидрографах гидропостов не было отрицательных значений. На реке Дон у Воронежского гидрометеоцентра имеется четыре гидропоста в четырёх пунктах: г. Задонск (Липецкая область); с. Гремячье, г. Лиски, г. Павловск (Воронежская область).

В подтверждение сказанного можно привести уровни, зафиксированные в начале половодья 2019 г. на гидропостах по р. Дон (табл. 6).

Таблица 6  
Значение «нулей» графиков гидропостов на р. Дон весной 2019 г.

Гидропост	Дата	Уровень относительно «нуля» графика	Год открытия гидропоста
Задонск	1 марта	+160 см	1890 г.
Гремячье	22 марта	-23 см	1877 г.
Лиски	10 марта	-60 см	1878 г.
Павловск	1 марта	-23 см	1876 г.

А ведь представленным гидропостам Верхнего Дона не более полутора сотен лет! Несмотря на многотысячелетний возраст Дона в современном виде природный процесс эродирования в верхней части реки продолжается, что свидетельствует о правильном разбиении Дона на три условные части (рис. 9).

Первый (верхний) участок реки имеет наибольший уклон по течению  $i_1$ . Этот участок называется зоной эрозии. Второй (средний) принято называть зоной транзита, на рис. 9 уклон реки обозначен  $i_2$ . Третий (нижний) участок реки называется зоной аккумуляции наносов, на этом последнем участке реки, перед впадением в следующий водный объект, наименьший уклон реки  $i_3$ .

Продольный профиль реки Дон достаточно хорошо изучен ещё в середине прошлого века [13], который для наглядности представляется в виде ниспадающего графика падения высоты реки на рельфе по длине территории своего протекания. Для территориальной привязки участков на схематическом профиле показаны места впадения основных притоков в Дон (рис. 10).

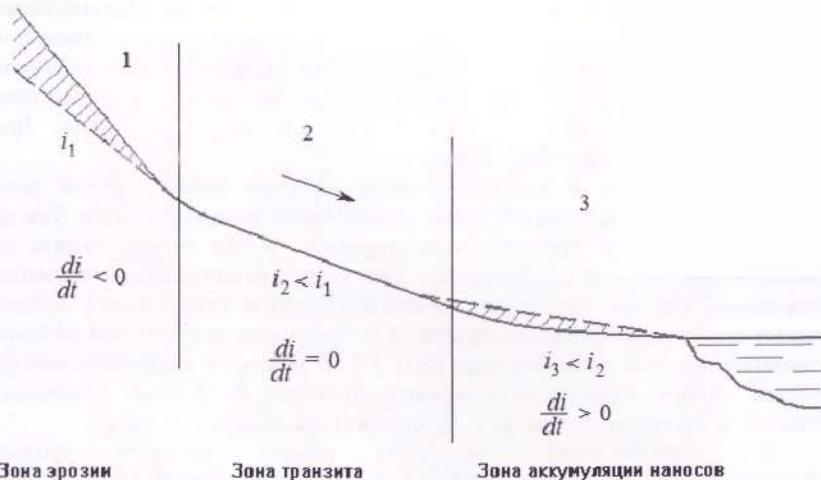


Рис. 9 – Пояснение к принципу разделения главной реки на участки.

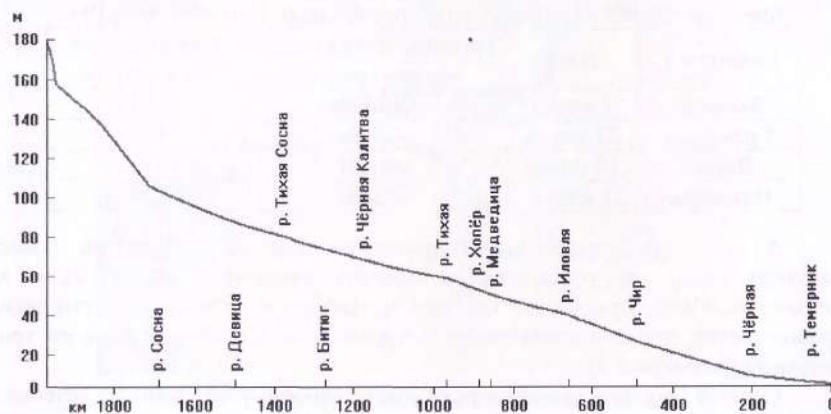


Рис. 10 – Продольный профиль Дона (соотношение высоты к длине 1:5000).

Во время высоких половодий процесс меандрирования продолжается, следы которого нетрудно увидеть по космоснимкам. Речные извилины в Дону отличаются малой глубиной и небольшой скоростью течения, это приводит к заиливанию русла, образованию перекатов глубиной до 1 м, что не позволяет осуществлять судоходства. В настоящее время сквозного судоходства по верхнему Дону нет, а функционирует в Воронежской области только речной порт в г. Лиски. Сквозное судоходство прекратилось более 10 лет назад с образованием так называемой прорвы у с. Щучье в Лискинском районе (рис. 11). Была попытка восстановить судоходство путём затопления

барж на входе в прорву, но Дон вскоре справился с этим препятствием, вода размыла песчаный берег прорвы, подмыла дно под баржами. В настоящее время на поверхности виден остов только одной баржи.

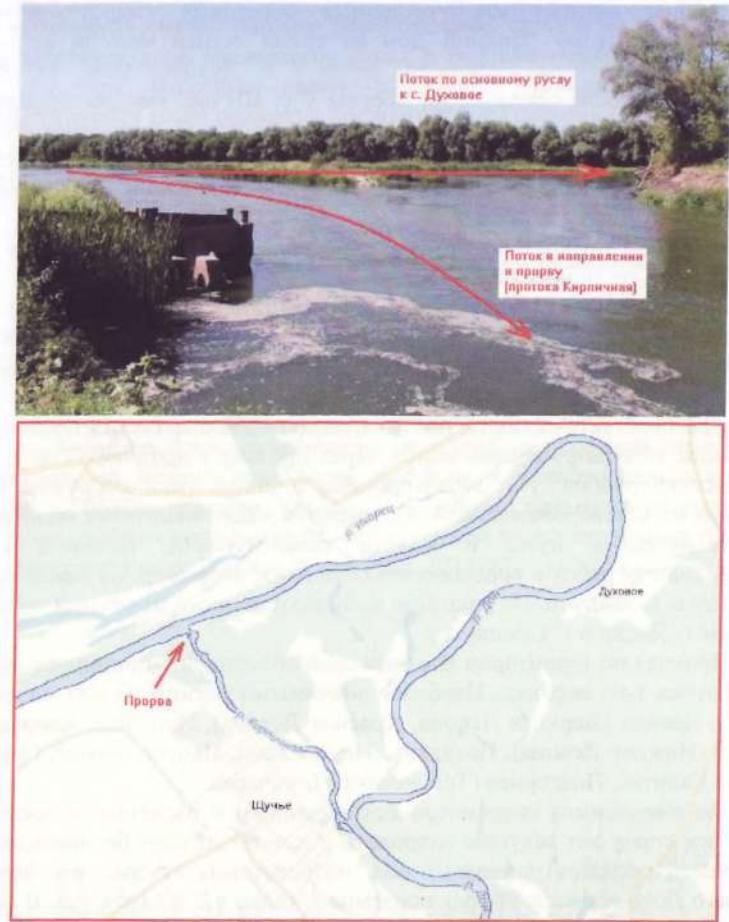


Рис. 11 – Прорва у с. Щучье Лискинского района. На фото видна полузатопленная баржа.

В Верхнем Дону много перекатов, которые являются глубиной до 1 м: Фомин-Негачёвский, Новоживотиновский, Гвоздёвский, Семилукский, Малышевский, Усть-Воронежский, Борщёвский, Колыбельский, Приярская Россыпь, Марковский, Рождественский и др. [39]. Изучая «Карту реки Дон» [14] речного судоходства конца 1970-х годов, можно обнаружить огромную массу гидroteхнических сооружений в виде полузапруд, так называемых шпор, причалов, обеспечивающих путь речным судам и производственную

деятельность. Шпоры являются руслорегулирующими гидротехническими сооружениями, во-первых, защищают берег реки от размыва, во-вторых, удерживают поток на трассе направления.

В настоящее время на реке Дон можно обнаружить лишь кое-где выступающие остатки многочисленных береговых гидротехнических сооружений, поэтому Верхний Дон во время летней межени не имеет сквозного судоходства. Например, петля у с. Духовое (рис. 11) стала несудоходной после образования прорвы у с. Щучье, так как произошло деление расходов между основным руслом и протокой Кирпичная. Расход по протоке имеет тенденцию к увеличению о чём свидетельствуют многочисленные жалобы последних лет от жителей и дачников с. Духовое о маловодности Дона у их села.

Река Дон, проходя по Воронежской области, помимо приёма в себя стоковых вод от прибрежных городов и иных населённых пунктов, часто неудовлетворительно очищенных, подвергается принудительному переустройству реки и её поймы при создании инженерных сооружений на реке. Реку пересекают 7 автомобильных мостовых переходов, возведено 2 железнодорожных моста, имеется 5 понтонных автомобильных переходов, на реке располагается 2 порта, плотина, перекрывающая Басову протоку у г. Павловска, полуразрушенная дамба через протоку Кирпичная у с. Щучье Лискинского района, у г. Нововоронежа в пойме реки сооружён прудохладитель Нововоронежской АЭС, имеются многочисленные водозаборы для технических нужд и полива сельхозугодий, имеются следы мелиоративных работ в виде каналов осушения, например, на левом берегу напротив с. Семилуки. На реке Дон добываются пески из речных карьеров в районе г. Лиски и г. Семилуки.

Проходя по территории Воронежской области Дон принимает на себя 52 водотока 1-го порядка. Наиболее значимыми реками из них являются: Ведуга, Девица (Верхняя Девица, Красная Девица), Воронеж, Хворостань, Девица (Нижняя Девица), Потудань, Тихая Сосна, Икорец, Битюг, Осередь, Чёрная Калитва, Подгорная (Толучеевка), Богучарка.

По имеющимся гидрометрическим данным и расчётом за последние более чем сорок лет ведущие гидрологи России отмечают беспрецедентное увеличение ресурсов подземных вод: на некоторых створах рек бассейна Верхнего Дона произошёл рост подземного стока в 2 и более раз. В начале 1960-х гг. модуль подземного стока имел значения  $0,8 \text{ л}/(\text{с}\cdot\text{км}^2)$ , а уже в 2010-х гг. –  $1,5 \text{ л}/(\text{с}\cdot\text{км}^2)$  [16]. Подземное питание Дона в современный период составляет  $40 \div 50 \%$ , а в замыкающих створах –  $60 \div 70 \%$  с учётом кумулятивного эффекта.

Изменения в подземном питании рек Донского бассейна в верхней его части в сторону увеличения произошли особенно уверенно: это верховья Дона, реки Воронеж, Битюг, Савала, Ворона, Верховья Хопра. На этих реках прослеживается эффект роста коэффициента естественной зарегулированности стока  $\phi$ , о чём более подробно будет говориться ниже

при описании этих рек и антропогенной обусловленности роста коэффициента  $\phi$ .

Коэффициента естественной зарегулированности стока  $\phi$  ввёл известный учёный-гидролог Д.Л. Соколовский [17], который характеризует неравномерность внутригодового распределения стока воды в реке, т.е. он численно равен отношению площади гидрографа, располагающейся ниже ординаты среднегодового расхода (базисный сток), к общей площади рассматриваемого гидрографа (годовой сток). В этом случае базисная часть стока будет отражать естественную зарегулированность водосбора и его аккумулирующую способность поступающей воды. По этой причине значение коэффициента  $\phi$  будет уменьшаться с уменьшением озёрности, запруженности плотинами, заболоченности, лесистости и др.

Коэффициент естественной зарегулированности стока рек  $\phi$  в северной части бассейна Дона возрос в  $1,5 \div 2$  раза, достигнув значения  $0,7 \div 0,8$  [16].

Основная современная гидрологическая тенденция в режиме рек бассейна Верхнего Дона – увеличение их водности в зимний период, т.е. уровень зимней межени стал более высоким, а многоводные половодья становятся более редкими (табл. 7). Данная тенденция следует из расчётного графика коэффициента естественной зарегулированности стока  $\phi$  для гидропоста на р. Дон в г. Лиски (рис. 12) [18].

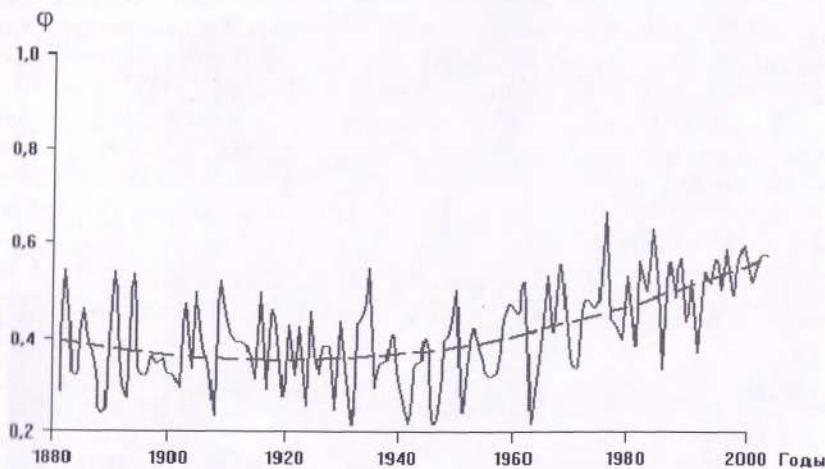


Рис. 12 – Изменение значений коэффициента естественной зарегулированности  $\phi$  согласно гидрологических измерений на гидропосту на р. Дон у г. Лиски за период 1881 – 2005 гг.

Таблица 7

Максимальные уровни половодий за последние десятилетия (по годам), см, гидропост на Дону «Гремячье»

						1997	1998	1999	2000
						292	343	449	619
2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
397	142	692	279	653	673	259	570	327	650
2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	
96	635	692	113	278	308	100	655	6	

Примечание:

Исторически наблюденные уровни на гидропосту «Гремячье»:

- максимальный уровень – 930 см;
- средний уровень – 645 см;
- уровень выхода воды на пойму – 700 см;
- минимальный уровень до 2019 г. – 6 см.

По всей длине Дона на берегах расположены крупные населённые пункты, в том числе два города-миллионника: Воронеж и Ростов-на-Дону.

В Воронежской области с севера на юг помимо Воронежа располагаются сорок населённых пунктов, в том числе крупные города: Семилуки (26,7 тыс. чел.), Воронеж (1054,5 тыс. чел.), Нововоронеж (31,5 тыс. чел.), Лиски (53,9 тыс. чел.), Павловск (24,9 тыс. чел.). Мегаполис Воронеж сбрасывает напрямую в Дон канализационные воды после их очистки в правобережных очистных сооружениях (ПОС) от 69 % населения, а от 31 % – с левобережных очистных сооружений (ЛОС) посредством первоначального разбавления сбросов в Воронежском водохранилище. Это же соотношение примерно сохраняется по количеству сбрасываемых вод: ПОС – 210 тыс. м<sup>3</sup>/с (74,3 %), ЛОС – 72,4 тыс. м<sup>3</sup>/с (25,7 %) [15].

В информационных справках Воронежского гидрометеоцентра по экологическому мониторингу окружающей среды в регионе при лабораторном анализе поверхностных вод практически каждый месяц отмечаются загрязнения Дона. Такими загрязнениями, превышающими ПДК, в 2019 году были:

Месяц	Контрольный створ на р. Дон	Ингредиент загрязнения
январь	р. Дон – г. Воронеж	БПК <sub>5</sub> : 1,02 ÷ 1,4 ПДК ХПК: 1,14 ÷ 1,9 ПДК нефтепродукты: 1,2 ÷ 3 ПДК
февраль	р. Дон – гг. Лиски, Павловск, Нововоронеж	БПК <sub>5</sub> : 1,1 ÷ 1,5 ПДК ХПК: 1,2 ÷ 2 ПДК азот нитритный: 2,5 ПДК железо общее: 1,7 ÷ 1,8 ПДК
	р. Дон – г. Нововоронеж	сульфаты: 1,1 ÷ 1,8 ПДК
	р. Дон – г. Павловск	БПК <sub>5</sub> : 1,02 ÷ 1,4 ПДК
март	р. Дон – г. Воронеж	азот нитритный: 2,5 ПДК

Месяц	Контрольный створ на р. Дон	Ингредиент загрязнения
		нефтепродукты: 1,2 ПДК
	р. Дон – г. Нововоронеж	железо общее: 1,2 ÷ 1,8 ПДК
	р. Дон – гг. Воронеж, Нововоронеж	медь: 4,6 ПДК

Вода Дона выходит на пойму во время половодий, если её уровень в реке повышается на 3 – 4 м над меженем. В это время Дон может принять на себя наибольшее количество загрязнений с берегов реки: происходит смыв почвы с распаханных земель в пойме, либо отденных под огорода и дачи местных жителей; мусора и отходов, заскладированных в нарушение законодательства на затопляемых территориях; сельхозотходов растениеводства и животноводства.

Отдельно требуется сказать о речных судах на реке Дон. Да, крупнотоннажный речной флот на Верхнем Дону находится в деградации, но произошли существенные изменения в составе маломерных судов. Причал г. Павловска переполнен моторными лодками (рис. 12). Маломерный флот влияет не только на качество речной воды, но и создаётся шумовой эффект, что делает невозможным существование многих гидробионтов в местах массового использования моторных лодок.



Рис. 12 – Стоянка маломерного флота у г. Павловска.

## 2.2. Общие сведения о гидрологическом районировании территории Воронежской области с учётом антропогенного давления на водосборные площади.

Гидрологическое районирование проведено на основе принципа географической зональности [19], которая характеризуется соответствующими климатическими, гидрологическими и геологическими показателями, подстилающей поверхностью и характером антропогенного воздействия. При этом выделяется пять гидрологических районов (рис. 13):

- ◆ на возвышенностях Среднерусской и Калачской три: Девицкий, Чернокалитвенский и Подгоренский;
- ◆ на низменности Окско-Донской два: Воронежский и Битюго-Хопёрский.

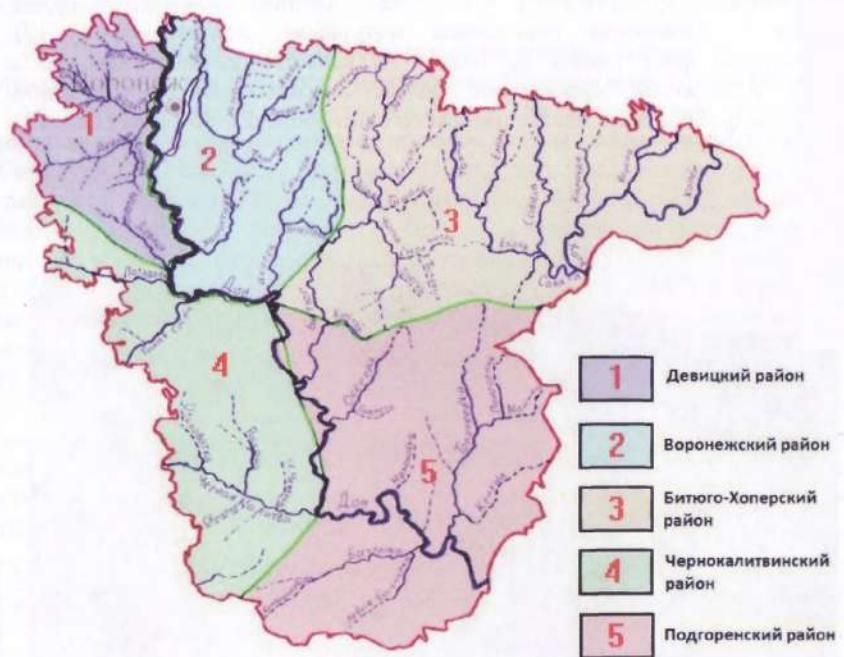


Рис. 13 – Гидрологическое районирование территории Воронежской области [19].

*Девицкий гидрологический район* находится на северо-западе Воронежской области. К району отнесено 6 % площади региона (3,3 тыс. км<sup>2</sup>). Средняя высота ландшафта гидрологического района находится на отметке 190 м БС. В этом районе находятся бассейны рек Девица, Ведуга, Верейка (Большая Верейка). Интенсивное питание рек подземным стоком

происходит из водоносных горизонтов в верхнедевонских отложениях [39]. С учётом всех водотоков густота речной сети составляет 0,28 км/км<sup>2</sup>.

Антропогенные факторы по всему гидрологическому району в основном имеют сельскохозяйственную природу: растениеводство, животноводство и переработка продукции. Карьер по добыче глин и песков рядом с п. Стрелица в Семилукском районе находится на минимальных объёмах добычи. Однако на правобережье Дона в Семилукском районе находятся крупнейшие полигоны ТКО (ТБО) вместе с запущенным заводом по сортировке отходов в 2019 г., которые являются загрязнителями подземных вод, разгружающихся в конечном итоге в реки. На данные объекты принимаются отходы с большей части Воронежской агломерации.

*Чернокалитвенский гидрологический район* находится в юго-западной части региона. К району отнесено 20 % площади Воронежской области (10,2 тыс. км<sup>2</sup>). Средняя высота ландшафта гидрологического района находится на отметке 170 м БС. В этом районе находятся бассейны рек Нижняя Девица, Потудань, Тихая Сосна, Чёрная Калитва, Россось. Грунтовое питание рек является достаточно умеренным. Питание рек в меженные периоды происходит подземными водами мергельно-меловой сенонской толщи верхнего мела [39]. С учётом всех водотоков густота речной сети составляет 0,16 км/км<sup>2</sup>.

Антропогенными факторами влияния на водные объекты в данном районе являются крупнейшие производства цементов и минеральных удобрений в Черноземье; сельскохозяйственных производств: растениеводство, животноводство и переработка продукции.

*Подгоренский гидрологический район* находится в юго-восточной части региона. К району отнесено 28 % площади Воронежской области (14,8 тыс. км<sup>2</sup>). Средняя высота ландшафта гидрологического района составляет 175 м БС. В этом районе находятся бассейны рек, в основном относящиеся к Калачской возвышенности: Толучеевка, Подгорная, Криуша, Осередь, Богучарка, часть нижнего Битюга. Грунтовое питание рек является слабым. Питание рек в меженные периоды происходит также подземными водами мергельно-меловой сенонской толщи верхнего мела как и в Чернокалитвенском гидрологическом районе, но их мощность и водообильность считаются небольшими [39]. С учётом всех водотоков густота речной сети составляет 0,10 км/км<sup>2</sup>. Территория гидрологического района в Воронежской области относится к климатической зоне с самыми высокими температурами воздуха.

Антропогенными факторами влияния на водные объекты в данном районе являются карьерная добыча гранитов в Павловском районе; сельскохозяйственных производств: растениеводство, животноводство и переработка продукции.

*Воронежский гидрологический район* находится на севере Воронежской области на левобережье Дона на Окско-Донской низменности. К району отнесено 15 % площади региона (7,8 тыс. км<sup>2</sup>). Средняя высота ландшафта гидрологического района находится на отметке

155 м БС. В этом районе протекают реки Хворостань, Икорец, Воронеж (нижняя часть реки), Усманка и её притоки Хава, Тамлык. Основной подземный питающий сток, попадающий в реки, формируется недостаточно обильным комплексным флювиогляциально-неогеновым водоносным горизонтом [39]. С учётом всех водотоков густота речной сети составляет 0,26 км/км<sup>2</sup>.

Антропогенные факторы по всему гидрологическому району в основном имеют промышленную вокруг Воронежской агломерации г. Лисок и сельскохозяйственную природу в остальной части района: растениеводство, животноводство и переработка продукции. По прежнему город Воронеж остаётся основным загрязнителем реки Дон и нижней части реки Воронеж опосредовано через Воронежское водохранилище, в левобережной части формируется протяжённая промышленная зона «Масловская», до настоящего времени функционируют в г. Воронеже крупнейшие промышленные предприятия, существенное экологическое влияние на окружающую среду оказывает НВАЭС. В г. Лиски находится крупнейший железнодорожный узел, где происходят переформирования составов. Воронежское водохранилище создаёт основную подпитку подземным водам, которые используются Воронежем для хозяйствственно-питьевых нужд. Миллионный город снабжается питьевой водой только из подземных источников, расположенных вокруг водохранилища. На территории района находятся крупные места захоронения отходов производства и ТКО, что также создаёт негативные следствия для гидрологического района. Рассматриваемая территория сплошь покрыта дачами и турбазами, которые не канализованы. Приезжающие тысячи людей на отдых непосредственно создают антропогенное давление на экосреду. Реки испытывают тяжелейшую экологическую нагрузку от маломерных судов, выражющуюся в виде волнений при проходе судов (волнобоем разбиваются берега), шумы двигателей и загрязнения воды создают негативные условия для развития гидробионтов.

*Битюго-Хопёрский гидрологический район* находится в северо-восточной части региона на Окско-Донской низменности. К району отнесено 31 % площади Воронежской области (16,3 тыс. км<sup>2</sup>). Средняя высота ландшафта гидрологического района находится на отметке 162 м БС. В этом районе расположены бассейны рек Битюг с Чиглой, Саваоа с Токаем и Еланью, Карабан, нижняя часть реки Вороны и средняя часть Хопра. Основной подземный питающий сток, попадающий в реки, формируется очень слабым комплексным флювиогляциально-неогеновым водоносным горизонтом; условный показатель меженного стока (0,30) является самым слабым из рассмотренных выше гидрологических районов региона [39]. С учётом всех водотоков густота речной сети составляет 0,28 км/км<sup>2</sup>.

Антропогенными факторами влияния на водные объекты в данном районе являются в основном производство сельскохозяйственных направлений: растениеводство, животноводство и переработка продукции.

Воронежскую область пронизывают с севера на юг и с запада на восток железнодорожные и автомобильные магистрали, магистральные трубопроводы и их отводы в направлении населённых пунктов, регион густо покрыт дорожной сетью автодорог областного, межмуниципального и муниципального значения, пересечения с водотоками линейных объектов создают серьёзную зарегулированность водотоков. Тысячи прудов, расположенных на постоянных и временных водотоках существенно изменяют сток с водосборных площадей в реки.

### 2.3. Геоэкологическое состояние рек Девицкого гидрологического района.

#### Река Верейка (Большая Верейка).

Река Верейка относится к Девицкому гидрологическому району.

Река Верейка начинается в Семилукском районе у с. Малая Верейка, а далее полностью располагается в Рамонском районе; является правобережным притоком Дона; площадь бассейна составляет 435 км<sup>2</sup>; длина реки – 45 км. Водосборная площадь реки располагается на восточных склонах Среднерусской возвышенности, рельеф территории нахождения реки сильно расчленён балками и оврагами. Древесно-кустарниковая растительность в основном находится только в балках, обширные поля на водосборе распахиваются.

Геологическое основание долины реки представлено верхнедевонскими известняками (рис. 2).



Рис. 14 – Пример 100 %-ной зарегулированности начала реки (р. Верейка, с. Малая Верейка, Семилукский район).

Исток реки находится западнее с. Малая Верейка Семилукского района. В истоке река полностью зарегулирована: в с. Малая Верейка балки перегорожены плотинами.

Фактически река Верейка (Большая Верейка) начинается в нижнем бьефе пруда на выходе по балке из с. Малая Верейка (рис. 14). В случае предпаводковой сработки прудов перед половодьем вполне возможно река Верейка в это время будет наполняться за счёт только боковой приточности.

Продвигаясь далее по реке слева впадает р. Сухая Верейка (длина 18 км, площадь водосбора 89 км<sup>2</sup>), а уже в селе Большая Верейка также слева по течению впадает р. Быстрик (длина 14 км, площадь водосбора 90 км<sup>2</sup>). В целом же в реку Верейка впадает не менее 10 ручьёв (очень малых рек), которые являются постоянными водотоками. Река Верейка является притоком Дона, впадает в него на 1468 км от устья Дона. Перед впадением в Дон Верейка проходит через пойменный лесной массив на протяжении последних 4 км.

Русло реки Верейка достаточно извилистое, по ходу своего течения ширина достигает от 8 до 12 м, при этом средняя глубина имеет значение от 0,3 до 1,2 м. Чаще всего половодье на реке происходит во второй половине марта – начале апреля. Максимальные подъёмы воды в условиях свободного течения могут достигать до 1,5 м над меженю.

В целом бассейн реки зарегулирован, на водотоках бассейна эксплуатируется пять прудов; сооружены 4-е мостовых перехода для асфальтированных дорог. Река протекает по ряду населённых пунктов: с. Малая Верейка Семилукского района; в Рамонском районе: с. Гремячье, с. Лебяжье, с. Большая Верейка, п. Архангельское, п. Пчёльное, с. Нижняя Верейка. Как правило в каждом населённом пункте устраиваются местные переходы: чаще деревянные мостики либо укладываются дорожные трубы большого диаметра. Каждый переход через реку сопровождается сужением поймы, а может даже происходить и заужение русла. Всё это создаёт подпоры реки, а при половодье, сопровождающемся карчеходом и гоном по реке антропогенного и природного мусора, такие переходы часто закрываются либо вообще разрушаются, создавая ниже по реке при прорыве возникшего подпора ещё более сложную паводковую ситуацию.

#### Река Ведуга.

Исток реки Ведуга находится в Курской области. Река начинается на сильно изрезанной территории овражно-балочной системе от х. Окоп (окраина д. Долгуша). Слово «окоп» говорит само за себя – хутор находится в глубокой балке. По территории Курской области река протекает всего лишь 11,4 км, а по Воронежской земле (Семилукский район) длина реки составляет 82,6 км (общая длина реки 94 км), площадь водосбора – 1570 км<sup>2</sup>. В Ведугу впадает 13 рек с длиной более 10 км и около 40 водотоков с меньшей длиной. Наибольшими реками, впадающими в Ведугу, являются: Серебрянка (длина реки 20 км), Ольшанка (24 км), Гнилуша (24 км), Трешёвка (30 км). Все перечисленные реки располагаются в Семилукском районе, только у Трешёвки исток находится в Рамонском районе.

Долина реки местами глубоко врезана на фоне местного преобладающего ландшафта, в этих местах глубина достигает 30 – 40 м. У с. Ендовище вскрываются мощные песчано-глинистые толщи, овраги местами обнажают верхнедевонские известняки (рис. 2), в этом месте пойма реки узкая, всего лишь по ширине составляет 300 м, возвышаясь над руслом реки всего лишь на 2 м. В 2013 г. наблюдалось половодье из разряда выдающихся на р. Ведуга. Ввиду того, что пропускная способность реки нарушена вследствие антропогенного воздействия, наличия больших зарослей в русле и имусоренности (неубранные засохшие деревья и во многих местах сваленный мусор), река в с. Ендовище во время этого половодья вышла на пойму за считанные часы; уже приехавшие спасатели выносили людей из отдельных затопленных домов, животных не всех успели вывести, насколько был быстрым подъём воды. По итогам половодья выплачивалась компенсация за гибель животных фермеру, проживающему в с. Ендовище.

В целом долина реки у истока имеет ширину около 0,5 км, ближе к впадению в реку Дон расширяется до 3 км. Ведуга первую треть своего пути меандрирует слабо, ниже места впадения р. Ольшанка меандрирование увеличивается, однако, течение реки всё же увеличивается, так уклон реки здесь достигает 1,5 %.

По долинам впадающих в Ведугу рек и ручьёв можно обнаружить многочисленные родники и ключи, заменяющие в отдельных местах колодцы.

В бассейне Ведуги имеются более двух десятков прудов, в большинстве своём небольшие, используемые для рыболовства. В социалистические годы были многочисленные пойменные рыболоводческие пруды на реках Ольшанка и Гнилуша, однако, в настоящее время многие из них разорены, а рыболовством занимаются индивидуальные предприниматели.

Ведуга испытывает значительную антропогенную нагрузку: по берегам реки, как уже указывалось, имеющей длину 94 км, располагаются 26 населённых пунктов, т.е. в среднем через каждые 3,6 км! Если учитывать что отдельные сёла вдоль рек расположены по длине реки на 2 – 3 км, то анализируя космоснимок в районе г. Семилуки, можно убедиться что по берегам реки располагаются селитебные территории непрерывным образом. К этим населённым пунктам подключается ряд СНТ (садоводческие, огороднические некоммерческие товарищества).

Населённые пункты вдоль реки Ведуга (перечислены в направлении от истока):

- Курская область: х. Окоп, с. Мелавка, х. Садовый, д. Калганчик, х. Орлов, х. Рогатка;
- Воронежская область: х. Каменка, с. Старая Ведуга, х. Устье, х. Яновка, х. Весёлая Долина, с. Кондрашёвка, х. Бехтеевка, с. Гремячий Колодезь, с. Лосево, д. Красные Солонцы, с. Вознесенка, с. Латное, г. Семилуки (протяжённая западная окраина), с. Ендовище, с. Терновое, с. Гудовка, с. Губарёво.

Из перечисленных населённых пунктов выделяется г. Семилуки с населением 26,7 тыс. чел.

Реку по всей длине пересекают 10 мостов асфальтированных дорог.

Иные антропогенные факторы, влияющие на геоэкологическое состояние реки, в основном имеют сельскохозяйственную природу: растениеводство, животноводство и переработка продукции.

Река Девица (Верхняя Девица, Смердячая Девица [20]).

В Воронежской области протекают две реки Девицы: Верхняя и Нижняя. Что интересно, обе впадают в главную реку Дон с правой стороны на удалении устьев друг от друга на 103 км. Верхняя Девица более протяжённая и полноводная. Обе реки относятся к региональным, так как протекают только по Воронежской области.

Верхняя Девица имеет большую водосборную площадь – 1520 км<sup>2</sup>, длина составляет 89 км. Исток реки находится на западной окраине с. Кучугуры Нижнедевицкого района в месте объединения протяжённых балок. Далее река заходит в Хохольский район, сразу и только в крупный районный центр р.п. Хохольский через премыкающее с западной части с. Хохол, а далее река уходит в Семилукский район, и за одноимённым селом Девица проходя через пригороды г. Семилуки впадает в Дон – на 1,1 км ниже железнодорожного моста через р. Дон.

Крупнейшими притоками Ведуги являются следующие: Россоска (правый приток, длина – 15 км, водосборная площадь – 192 км<sup>2</sup>); Ольшанка (левый приток, длина – 26 км, водосборная площадь – 156 км<sup>2</sup>); Колотушка (левый приток, длина – 12 км, водосборная площадь – 82,8 км<sup>2</sup>); Еманча (правый приток, длина – 35 км, водосборная площадь – 401 км<sup>2</sup>) и Гнилуша (левый приток, длина – около 8 км).

Верхняя часть реки достаточно глубоко врезана в рельеф (на 40 – 50 м), дно долины узкое (100 – 300 м), ширина долины поверху 0,5 – 1,5 км, поэтому склоны долины достаточно крутые, испещрены овражно-балочной сетью. Вследствие этого бывают годы, когда река проявляет буйный характер, например, в 1953 г. максимальный расход воды был равен 61,3 м<sup>3</sup>/с.

Геологическое основание долины реки представлено ледниковыми суглинками, песками и глинами палеогена, мела и мергеля верхнего мела (рис. 2).

Уклон реки до с. Девица значителен и составляет 1,3 %, вследствие большого уклона и лёгкой размываемости слагающих дно долины грунтов русло реки врезано в пойму на 3 – 4 м, имея при этом обрывистые берега. Перед устьем пойма расширяется до 0,8 км.

Водосборная площадь реки распахана до 70 %, лесистость бассейна в два раза меньше общеобластной и составляет 5 %. В бассейне реки имеются 14 прудов, которые также оказывают влияние на режим реки – изменяя коэффициент естественной зарегулированности.

Антропогенное воздействие начинается от истока – на водосборе располагаются два животноводческих спецхоза и далее вдоль зарождающейся реки тянется село Кучугуры на протяжении 8 км. Берега реки почти сплошь заселены; идут по порядку от истока следующие

населённые пункты: Нижнедецкого района – с. Кучугуры, с. Лог, с. Нижнедевицк, с. Бор, п. Петровка, с. Глазово, с. Нижнее Турово; Хохольского района – с. Хохол, р.п. Хохольский; Семилукский район: п. Іакчеево, п. Стрелица, с. Девица, п. Орлов Лог, с. Старое, г. Семилуки. На водосборе ведётся добыча карьерным способом песков и глин у с. Старое.

Река заходит в Воронежскую агломерацию, что сказывается на её экологическом состоянии. Р.п. Хохольский (население – 7,5 тыс. чел.) и г. Семилуки (26,7 тыс. чел.), входящие в агломерацию, являются промышленными районными центрами.

Реку Девицу пересекает 11 мостов асфальтированных дорог и 11 мостов местного поселенческого значения, т.е. пойму закрывают подъездными путями в среднем через каждые 4 км, что существенно влияет на паводковые ситуации в случае малых (редких)обеспеченностей половодья.

Река Нижняя Девица (Красная Девица [20]).

Нижняя Девица начинается юго-западнее с. Семидесятное Хохольского района. Исток перехвачен плотиной длиной 150 м, образуя при этом пруд длиной около 1 км. Ниже по реке через 7 км ещё раз река перекрыта плотиной в 5 км от с. Новосолдатка Репьевского района. Далее река в Репьевском районе проходит мимо с. Россоски, пересекает границу района и далее протекает по территории Хохольского района рядом с населёнными пунктами: х. Бузенки, х. Родники, х. Десятки, х. Яблочный, х. Дубовой, с. Болдыревка, с. Урыв-Покровка. Нижняя Девица впадает в реку Дон (1322 км от устья), является правым притоком. Длина р. Нижняя Девица составляет 54 км, водосборная площадь – 612 км<sup>2</sup>.

Геологическое основание долины реки представлено ледниковыми суглинками, песками и глинами палеогена, мела и мергеля верхнего мела (рис. 2).

Бассейн реки принято разделять на три гомогенные части [21]. Верхний участок реки составляет примерно половину площади всего бассейна. Преобладающим ландшафтом этого участка является воиненный вариант плакорного типа местности с высотными отметками около 200 м БС. Средний участок реки, начинающийся у с. Россоска, простирается до автодорожного моста трассы Воронеж-Острогожск. На среднем участке тип местности – склоновый, представлен суглинистыми и меловыми отложениями. Меловые склоны местами проглядывают сквозь покрывающие почвы особенно в левобережной части реки и балок.

Нижний участок бассейна р. Нижняя Девица, так называемый Болдыревский участок, имеет сокращённую площадь склонов. Ландшафт бассейна этого участка в основном имеет надпойменно-террасовый и пойменный виды. Ширина поймы при подходе к Дону достигает более 2-х км.

Антропогенное воздействие на реку выражается в двух русловых плотинах, возведённых в верховьях реки, трёх мостовых переходов асфальтированных дорог, на геоэкологическое состояние реки оказывает в основном растениеводство, выражющееся в выносе с полей широко применяемых химикатов в растениеводстве.

В первую очередь с полей выносятся соединения азота; в поверхностном стоке примерное соотношение такое:  $N(NO_3)$  – 19,2 %;  $N(NH_4)$  – 80 %;  $N(NO_2)$  – 0,8 %. Фосфор же выносится в основном эрозионным способом: при распашке, выветривании почвы.

Широкое применение удобрений и пестицидов на сельхозполях приводит к их вымыванию во время ливневых и весенних стоковых потоков, приходящих в реки с полей. В это время до 7 % вымывается от внесённого количества химикатов. В стоковых водах фиксировалось до 8 мг/л удобрений и ядохимикатов, которые были внесены на сельхозполя [22].

Для реки поступление биогенных веществ является пагубным. В настоящее время практически все реки в регионе, соприкасающиеся с сельхоз полями заросли камышовыми растениями. Реки еле-еле на отдельных участках своего пути пробивают себе дорогу, образуя водоток на отдельных участках русла. К этому же прибавляется полузакрытость пойм многочисленными мостовыми переходами. Как итог, деградация рек и даже их исчезновение.

## 2.4. Геоэкологическое состояние рек Воронежского гидрологического района.

### Река Воронеж.

Река Воронеж является главной в Воронежском гидрологическом районе. Длина реки составляет 342 км, в Воронежской области находится самая нижняя часть реки – 86,9 км (рис. 15). За 4,6 км до впадения в реку Дон возведена плотина – Воронежский гидроузел.

Геологическое основание долины реки представлено ледниковыми четвертичными суглинками (рис. 2).

В Дон река Воронеж впадает на 1403 км от устья с левой стороны по течению главной реки. Бассейн реки Воронеж занимает площадь 21,6 тыс. км<sup>2</sup>, в том числе в Тамбовской области – 8659 км<sup>2</sup> (39 % от общей площади водосбора), Липецкой – 8981 км<sup>2</sup> (41 %), Воронежской – 4050 км<sup>2</sup> (19 %). Кроме того, верховья рек Лесной и Польной Воронеж располагаются в Рязанской области.

Расположение бассейна реки Воронеж на Окско-Донской низменности предполагает некоторую особенность – большинство притоков в реку Воронеж впадает с левой стороны. Наибольшими притоками из них являются:

- левосторонние притоки – Матыра (длина реки – 180 км, водосборная площадь – 5180 км<sup>2</sup>), Двуречка (длина – 24 км, водосбор – 193 км<sup>2</sup>), Кривка (длина – 27 км, водосбор – 121 км<sup>2</sup>), Мещерка (длина – 34 км, водосборная площадь – 139 км<sup>2</sup>), Боровица (длина – 28 км, водосбор – 153 км<sup>2</sup>), Излегоща (длина – 43 км, водосбор – 364 км<sup>2</sup>), Ивилица (длина – 23 км, водосборная площадь – 314 км<sup>2</sup>) и Усмань (длина – 151 км, водосбор – 2840 км<sup>2</sup>);

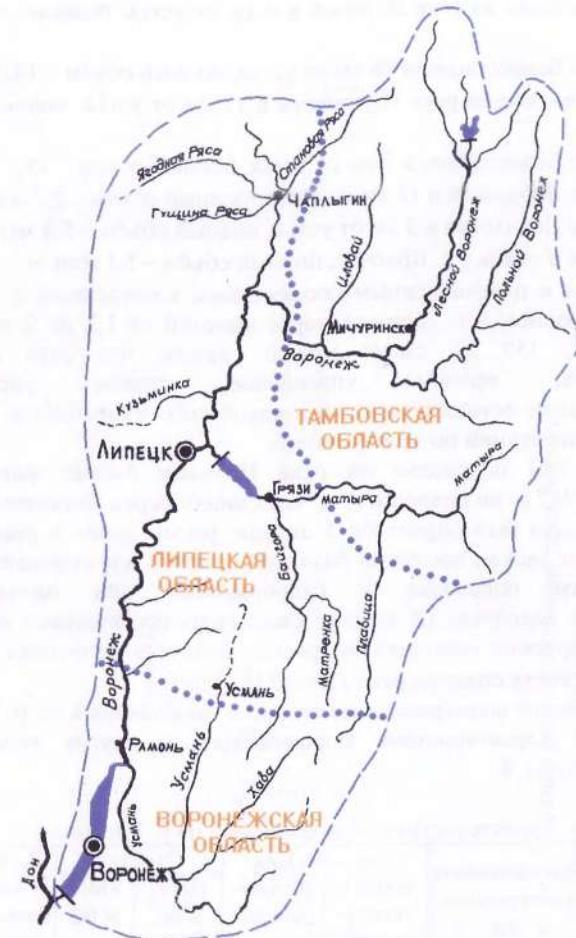


Рис. 15 – Схема бассейна реки Воронеж.

- правосторонние притоки – р. Иловай (длина реки – 77 км, водосборная площадь – 771 км<sup>2</sup>), Становая Рыса (длина – 100 км, водосбор – 2210 км<sup>2</sup>).

Из представленных морфометрических данных о притоках видно, что наибольшими являются реки Матыра и Усмань. Матыра зарегулирована, в 2 км от устья создано Матырское водохранилище; основные сведения о нём: отметка нормального подпорного уровня (НПУ) – 109,0 м БС, объём водохранилища полный – 144 млн. м<sup>3</sup>, полезный объём – 120 млн. м<sup>3</sup>, площадь зеркала при НПУ – 45 км<sup>2</sup>, средняя глубина – 3,2 м, год постройки – 1975.

Помимо Матырского водохранилища в бассейне реки Воронеж имеется ещё 7 водохранилищ с полным объёмом более 5 млн. м<sup>3</sup>:

- Воронежское на реке Воронеж в 6 км от устья, полный объём – 204 млн. м<sup>3</sup>;
- на реке Белоколодец в 16 км от устья, полный объём – 18,3 млн. м<sup>3</sup>;
- Шушпанское на реке Шушпанка в 13 км от устья, полный объём – 13,0 млн. м<sup>3</sup>;
- на реке Белоколодец в 7 км от устья, полный объём – 18,3 млн. м<sup>3</sup>;
- на реке Ярославка в 18 км от устья, полный объём – 5,4 млн. м<sup>3</sup>;
- на реке Делиховка в 3 км от устья, полный объём – 5,4 млн. м<sup>3</sup>;
- на реке Усмань у с. Красное, полный объём – 5,1 млн. м<sup>3</sup>.

Добавляя к перечисленным сооружениям возведённый в 1968 г. на русле реки Воронеж в г. Липецке порог высотой от 1,2 до 2 м по длине порога (около 350 м), смело можно сказать, что река полностью зарегулирована, причём управление стоком упомянутыми водохранилищами осуществляется без какой-либо взаимосвязи, исходя из объектовых инструкций по эксплуатации.

Между тем половодье на реке Воронеж бывает многоводным, например, в 1947 г. на гидропосту в Чертовицах перед Воронежем по реке расход половодья был определён 5 апреля: расход воды в реке составил 3000 м<sup>3</sup>/с. Этот расход послужил базисной основой для определения 0,5 % обеспеченности половодья в гидрорасчётах при проектировании Воронежского гидроузла III класса, класс гидротехнического сооружения определён в проекте: максимальны расход пропуска половодья составляет 4430 м<sup>3</sup>/с (без учёта подпора реки Дон) [23].

Воронежское водохранилище является замыкающим на р. Воронеж и её притоках. Характеристика Воронежского и других водохранилищ приводится в табл. 8.

Таблица 8

Характеристики водохранилищ на р. Воронеж

№ п/п	Река	Наименование водохранилища	Год ввода в эксплуатацию	Вид регулирования	Отметка		Полезная ёмкость, млн. м <sup>3</sup>	Полная отдача, м <sup>3</sup> /с
					НПУ, м БС	УМО, м БС		
1	Матыра	Матырское	1977	сезонное	109,0	105,6	120	6,50
2	Воронеж	Липецкое (фиксирующий порог)	1968	суточное	103,0	–	–	6,0
3	Воронеж	Воронежское	1972	сезонное	93,0	–	–	7,50

Подпор от плотин на реке распространяется достаточно далеко, согласно проектной документации [23] подпор от Воронежского гидроузла в экстремальных условиях (выдающийся паводок) распространяется до 60 км вверх по реке (на рис. 16 распространение подпора изображено пунктиром).

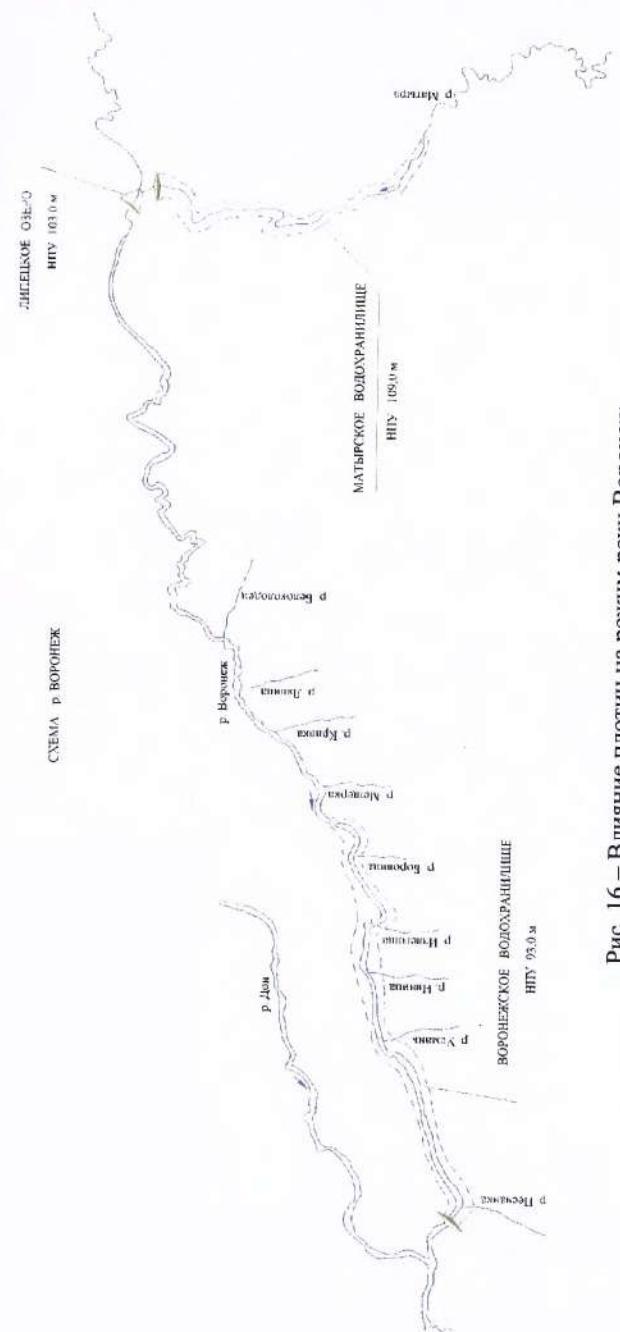


Рис. 16 – Влияние плотин на режим реки Воронеж (пунктиром обозначено распространение подпора гидроузлами) [23].

Дополнительно к прямой зарегулированности русловыми плотинами дополняется зарегулированность мостовыми переходами. Реку Воронеж пересекают 3 железнодорожных мостовых перехода и 17 автомобильных мостов асфальтированных дорог (подсчитано до железнодорожного моста в г. Мичуринске Тамбовской области). Наиболее критичными среди этих мостов являются низководные мосты в Рамонском районе Воронежской области. Мало того, что дорожные подходы крайне ограничивают пойменный поток во время половодья, но и сами мосты, обладая поперечной площадью сечения, ещё более закрывают свободный проход для реки.

Что из себя представляет низководный мост? Как такового нормативного понятия «низководный мост» в настоящее время не существует. Это название широко используется в вооружённых силах [24], а уже от военных инженеров это понятие пришло в гражданское строительство к дорожникам-профессионалам, которые также стали использовать этот термин в отношении эксплуатируемых периодически затапливаемых мостов, так как к затоплению моста во время половодья необходимо готовиться и обеспечивать безопасность дорожного движения. В настоящее время принятие решения о закрытии низководного моста для проезда возлагается на органы местного самоуправления. У военных же этот термин имеет несколько иное значение.

Для инженерных войск было разработано и издано Руководство по низководным мостам [24]. Основополагающим принципом в применении военными различных Руководств является принцип «читай и делай». Не должно быть неоднозначностей и дополнительных сложных размышлений и вычислений.

Согласно Руководству вводится классификация военных мостов на жёстких опорах: низководные, подводные и высоководные. Классификация проста и не требует специальных гидрологических знаний, что явно не хватает для гражданской классификации мостов, так как в настоящее время руководителями становятся чаще всего менеджеры, среди руководящего звена крайне трудно обнаружить бывших инженеров-практиков.

И так, согласно Руководству [24] низководные мосты возводятся без учёта возможных уровней воды при половодье либо паводке (рис. 17), без учёта весеннего ледохода и возможности прохода речных судов. Низководные мосты имеют небольшие пролёты, достаточно простую конструкцию с расчётом на эксплуатацию в течение короткого срока.

На рис. 17 введены обозначения:

РГВ – расчётный горизонт воды;

$L$  – длина моста;

$L_p$  – ширина реки по расчётному горизонту;

$l_0$  – пролёт моста;

$H$  – высота опоры;

$h$  – строительная высота пролётного строения;

$h_0$  – подмостовая высота;

$c_0$  – расчётный горизонт воды.

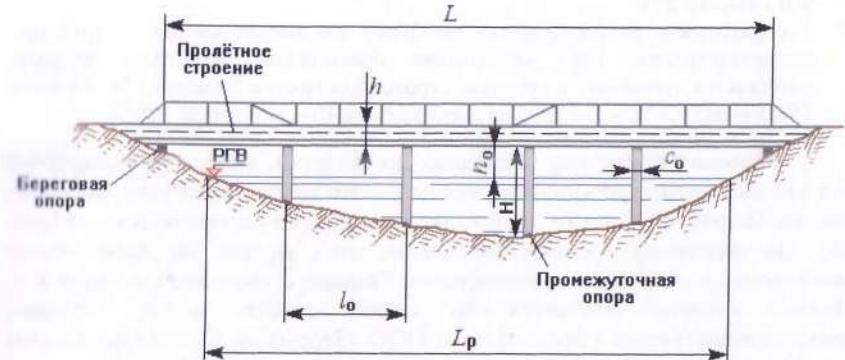


Рис. 17 – Низководный мост на реке.

В отличие от военного строительства в гражданском мостостроительстве требуется устанавливать социально-экономическую значимость моста и обеспеченность паводковых расходов (табл. 9) [25].

Таблица 9  
Мосты и водопропускные трубы на автомобильных и городских дорогах

Категория дорог	Сооружения	Вероятность превышения расчётных паводков, %
I	Большие и средние мосты	1*
	Малые мосты и трубы	1**
II – III, III-п и городские улицы и дороги (п – промышленные)	Большие и средние мосты	1*
	Малые мосты и трубы	2**
IV и IV-п и V	Большие и средние мосты	2*
	Малые мосты и трубы	3**
I-с и II-с (с – сельскохозяйственные)	Большие и средние мосты	2*
	Малые мосты и трубы	2**
III-с	Малые мосты и трубы	3**
I-в, I-к и II-к (в – внутрихозяйственные, к – карьерные)	Малые мосты и трубы	2**
II-в – IV-в, III-к – IV-к	Малые мосты и трубы	3**

Примечание:

\* – территории с недостаточно развитой сетью автодорог, но дороги являются крайне важными для экономической деятельности в регионе и стране. В случае обоснованных аргументов в ТЭО вероятность превышения расчётных

паводков допускается принимать в проектах строящихся мостов 0,33 вместо 1 % и 1 вместо 2 %;

\*\* – территории с развитой сетью автодорог для малых мостов и труб при соответствующем ТЭО вероятность превышения расчётных паводков допускается принимать в проектах строящихся мостов 2 вместо 1 %, 3 вместо 2 %, 5 вместо 3 %, а для труб на дорогах II-с и III-с категорий – 10 %.

Поднимая статистику последних десятилетий, в среднем каждый 4-й год так называемые «Рамонские мосты», а это мосты через реку Воронеж: Рамонь-Поляна и Ивницы-Ступино затапливаются во время половодья (рис. 18). До недавнего времени затопление этих мостов не было чем-то необычным и из ряда вон выходящим. Однако с введением в строй в с. Нелжа, которое находится по одной дороге за с. Ступино, сельскохозяйственного производства ООО «Заречное» по откорму бычков (до 20 тыс. голов КРС в год) и производству так называемого мраморного мяса с оборотом 150 т продукции в сутки (забой 50 голов КРС в час). Работающих на производственном комплексе до 250 чел. Сама технология производства и выпускаемая мясная продукция предусматривает постоянное перемещение грузов в указанных объемах, персонал ежедневно прибывает на объект через единственный автомобильный мост.

В 2018 г. во время половодья с 25 % обеспеченностью мосты были затоплены. Для решения возникшей дорожной проблемы был организован Главным управлением МЧС России по Воронежской области ежедневный массовый перевоз персонала на работу, был задействован даже плавучий транспортёр (ПТС). Вывозимая продукция и завозимые корма поступали по бездорожью с большими усилиями в объезд. В среднем мосты закрываются для переезда на три недели.

В данном случае приведены нарушения в функционировании крупного товарного производителя мяса ООО «Заречное», а сколько было нарушено условий жизнедеятельности для людей, проживающих на постоянной основе в новых отстроенных коттеджных посёлках вдоль реки, ведь это всё территории Воронежской агломерации!

В данном случае само собой напрашивается решение по приведению подобных паводковых ситуаций к нормальным условиям, которые должны современным требованиям времени – комфортным условиям проживания и соответствующему уровню качества жизни XXI века. На полностью зарегулированной реке однозначно возможно исключить паводковые риски с 25 % обеспеченностью. Для этого лишь требуется согласовать работу Матырского гидроузла со складывающейся паводковой обстановкой на фоне уверенного бассейнового гидрологического прогноза. Это гидрологическая задача и при современных технологиях её вполне возможно успешно решить. Совершенствуя гидрологическую мониторинговую систему бассейна реки Воронеж вполне возможно перейти на проектом заложенные обеспеченности пропуска половодий в 3 % обеспеченности (табл. 9).

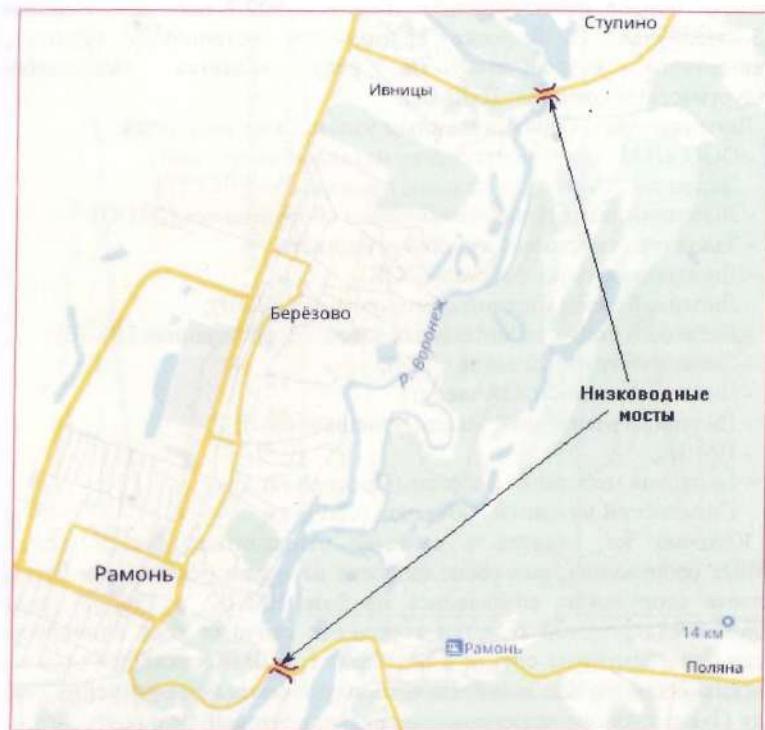


Рис. 18 – Расположение «Рамонских мостов» на реке Воронеж.

Альтернативным решением, конечно же, может стать строительство нового моста, позволяющего пропускать половодье 2 % обеспеченности. Но проблема заключается в уникальности реки Воронеж – это река сплошная рекреационная зона. Заужение поймы подходящими незатапливаемыми дорогами к мосту создают заболачивание местности. Незатопляемый дорожный переход буде составлять не менее 1,5 км. В этих условиях для обеспечения неулучшения экологического состояния реки в месте перехода будет требоваться создание отверстия под мостом не менее 500 м, как на р. Усмань у с. Бабяково. Это крайне дорогое строительство, поэтому управление сбросом из Матырского водохранилища будет наиболее эффективным приёмом обеспечения пропускной способности мостового перехода.

Об экологическом состоянии реки написано множество научных статей, монографий, экологических докладов региональных контрольных и надзорных органов [3, 15, 19, 22, 26, 27, 39], позволяющих сделать обобщённый вывод о негативных геэкологических тенденциях на реке.

Река Воронеж протекает через две городские агломерации: Липецкая и Воронежская, а также мимо большого количества населённых пунктов.

Население городов многочисленно: Липецк – 509,7 тыс. чел., Воронеж – 1054,5 тыс. чел. В Липецке крупнейшим источником негативного антропогенного воздействия на реку является Новолипецкий металлургический комбинат (НЛМК).

Липецк является промышленным узлом, здесь находятся:

- ООО «ЛАСАР» (производство металлоконструкций);
- Липецкое станкостроительное предприятие (ЛССП);
- Липецкий завод профилегибочного оборудования (ЛЗПО);
- Завод пластмассовых изделий «Полимер»;
- Липецкая обувная фабрика (ЛОК);
- Липецкий завод изделий домостроения (ЛЗИД);
- Липецкий станкостроительный завод «Возрождение» (ЛСЗВ);
- Липецкий трубный завод (ЛТЗ);
- Липецкий силикатный завод;
- Липецкий цементный завод (Липецкцемент);
- НМЛК;
- Липецкая мебельная фабрика (Престиж Л);
- Сокольский мукомольный завод (СМЗ).

Конечно же, следует в качестве загрязнителя учесть городские очистные сооружения, они располагаются на левом берегу реки Воронеж. Очистные сооружения создавались на базе НМЛК: в 1967 г. запущен комплекс механической очистки городских сточных вод, биологическая очистка была запущена спустя 8 лет. 2007 г. НЛМК отказался от очистки городских сточных вод и передал городу очистные сооружения либо в аренду (1-я технологическая линия очистки, производительность 90 тыс. м<sup>3</sup> в сутки – очистка левобережных стоков города) либо безвозмездно в муниципальную собственность (2-я технологическая линия очистки, производительность 150 тыс. м<sup>3</sup> в сутки – очистка правобережных стоков города). Последняя реконструкция была проведена только на 1-ой технологической линии в 2006 г.

Со строительством промзоны в г. Липецке и по мере роста городского населения произошло очень сильное физико-химическое антропогенное давление на реку. Ниже на несколько десятков километров г. Липецка река практически перестала замерзать. Река захламлена бытовым мусором. Гидробиологические последствия вполне заметны: на реке в городской черте исчезла белая кувшинка, обнаруживается обилие сине-зелёных нитчатых водорослей, плотный слой ряски бытовой [26].

Такая же экологическая картина наблюдается в г. Воронеже, только ещё хуже, так как очистные сооружения разгружаются не в проточную воду, а в водохранилище, где коэффициент обмена воды во время летней межени в реке Воронеж крайне низок (рис. 19). Для сравнения коэффициент условного водообмена  $K_y$  на приведённых графиках приведён для Воронежского и Матырского водохранилища. Корреляция между расчётными показателями очевидна.

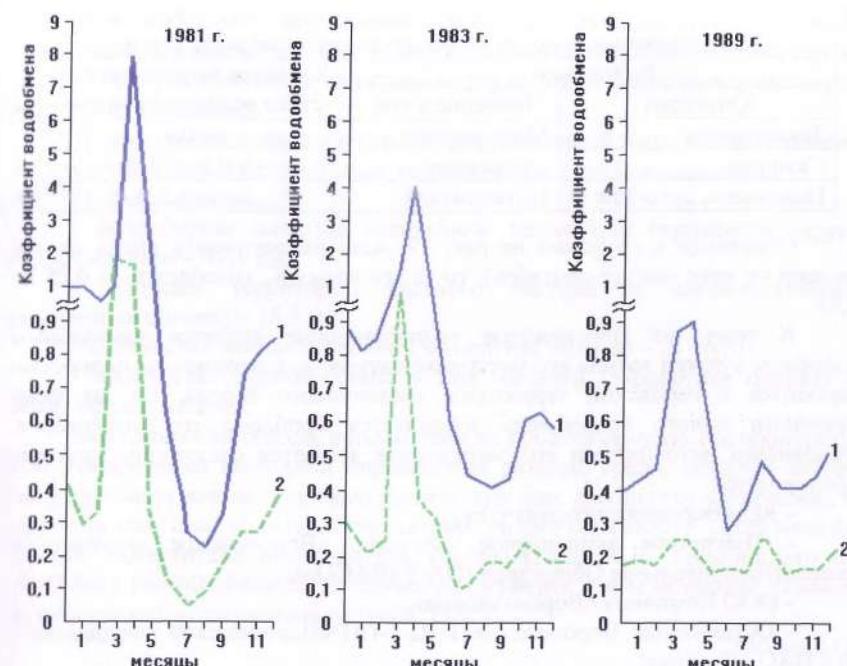


Рис. 19 – Коэффициенты условного водообмена в Воронежском (1) и Матырском (2) водохранилищах.

Интенсивность водообмена в водохранилище – важнейший показатель водоёма, характеризующий потенциальную способность его к очищению или обновлению воды. Коэффициент условного водообмена как раз и характеризует такую способность, который принято определять по следующей формуле [26]:

$$K_y = \frac{V_{\text{пр}} + V_{\text{ст}}}{2} \cdot \frac{1}{W},$$

где  $W$  – объём водохранилища;

$V_{\text{пр}}$  – объём поступившей (приточной) воды в водохранилище;

$V_{\text{ст}}$  – объём стока.

Условный водообмен – это предположение, что исследуемые объёмы воды в водном объекте полностью заменяются, например, как в канале.

Согласно действующему в настоящее время ГОСТ 17.1.1.02-77 классификация водохранилищ по  $K_y$  производится согласно табл. 10.

Согласно представленной выписке из этого ГОСТа Воронежское водохранилище формально можно считать водоёмом с интенсивным водообменом. Согласно имеющихся данным в средний по интенсивности водности год  $K_y$  за год составляет не менее 10, а при 95 %-ной обеспеченности (маловодье, происходит 1 раз в 20 лет)  $K_y = 4$ .

Таблица 10

## Классификация водохранилищ по показателю водообмена

Водообмен		Характер регулирования стока водохранилищем
Категория	Значение в год	
Замедленная	Многолетнее	до 0,1
Сезонное	Умеренная	от 0,1 до 5,0
Недельное, суточное	Интенсивная	свыше 5,0

Обратимся к графикам на рис. 19: если рассматривать время летней межени по реке (август-сентябрь), то в это время  $K_y$  колеблется от 0,25 до 0,45.

К тому же Воронежское водохранилище является уникальным водоёмом с точки зрения его местонахождения: водохранилище полностью находится в городской территории миллионного города, т.е. на фоне сезонного малого водообмена добавляется проблема его загрязнения. Основными источниками его загрязнения являются следующие крупные предприятия:

- АО «Воронежсинтезкаучук»;
- Публичное акционерное общество «Воронежское акционерное самолётостроительное Общество» (ПАО «ВАСО»);
- ООО Компания «Воронежшина»;
- Организация Воронежская ТЭЦ-1-ПП «Воронежской генерации» – ФЛ ПАО «Квадра»;
- ООО «Воронеж Вторцветмет» (ООО «Воронеж ВЦМ»);
- ООО Управляющая компания «РУДГОРМАШ»;
- ПАО «Автоматика»;
- ОАО «Хладокомбинат»;
- ОАО «Воронежский завод строительных алюминиевых конструкций (ОАО «ВЗСАК»);
- АО «Воронежский Завод Полупроводниковых Приборов-Сборка» (АО «ВЗПП-С»);
- Локомотивное депо Отражка НДОГПР ЮВЖД-ФЛ ОАО «РЖД»;
- АО «Воронежская хлебная база»;
- Воронежская территориальная фирма «Мостоотряд-81» – Филиал ОАО «Мостотрест» (ВТФ «Мостотряд-81» – Филиал ОАО «Мостотрест»);
- ООО «РВК-Воронеж»;
- ООО «Левобережные очистные сооружения (ООО «ЛОС»).

Перечисленные предприятия так или иначе хотя бы раз упоминались в годовых региональных экологических докладах как загрязнители Воронежского водохранилища (либо напрямую либо опосредованно через ЛОС) [28].

К перечисленным промышленным загрязнителям следует отнести и береговые автостоянки, и население, по имеющимся оценкам вокруг водохранилища проживает до 60 тыс. населения, дома которых неканализованы (не подключены к централизованным канализационным коллекторам, которые разгружаются в ЛОС), и многое другое, что, так или

иначе, способствует загрязнению водоёма. Экологическая ситуация ужасающая, а в летнее время к этому добавляется напряжённая санитарная обстановка, фактически от санитарных служб идёт категорический запрет на купание в водоёме.

Приведём оценочные расчёты по антропогенной нагрузке на Воронежское водохранилище селитебными территориями, окружающими его.

## Исходные данные:

- водосборная площадь селитебной территории городского округа город Воронеж – 47,1 км<sup>2</sup>;
- площадь территории частного сектора не канализированного (экспертная оценка) – 16,5 км<sup>2</sup>;
- количество жилых строений (экспертная оценка) – 21 тыс.;
- количество проживающих в них жителей (экспертная оценка) – около 60 тыс. человек.

Методический подход использован из проекта приказа Ростехнадзора «Об утверждении Методики определения размера вреда, который может быть причинён жизни, здоровью физических лиц, имуществу физических и юридических лиц в результате аварии гидротехнических сооружений» (письмо заместителя руководителя Ростехнадзора А.В. Трембицкого от 28.09.2015 №00-07-04/862). Из данного документа взяты исходные данные, по поступающим загрязнениям (табл. 11).

Таблица 11

Удельное количество загрязняющих веществ, поступающих в природные воды в результате затопления систем канализации

Загрязняющее вещество	Масса ЗВ на одного жителя, г/сутки
Взвешенные вещества	65
БПК <sub>5</sub>	60
Азот аммонийных солей	10,5
Фосфор фосфатов	1,5

Сопоставление образуемых загрязняющих веществ (ЗВ) от населения частного сектора, поступающих либо непосредственно, либо через грунтовые воды в водохранилище, и установленных сбросов по соответствующим ингредиентам от ЛОС представлено на гистограмме.

Гистограмма (рис. 20) демонстрирует ведущую роль неканализированного частного сектора в формировании общего уровня загрязнения поверхностных вод. В настоящее время именно центральная зона является приемником наибольшего числа выпусков. Поверхностный сток с центральной части города сбрасывается в огромных объемах, практически не подвергаясь очистке (табл. 12). В результате в местах поступления сточных вод образуются значительные по площади конуса выносов, которые влияют на морфологические и гидродинамические особенности, замедляя водообмен.

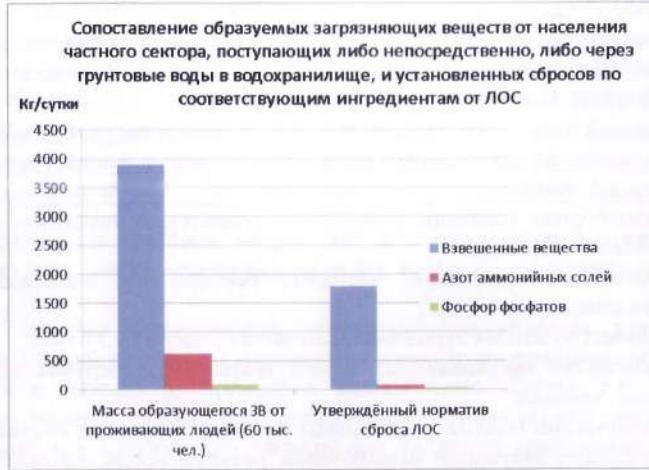


Рис. 20 – Поступающие ЗВ в водохранилище с селитебной территории.

Таблица 12

**Удельный вынос загрязняющих веществ с селитебных территорий**

Загрязняющее вещество	Удельный вынос с дождевым стоком, кг/(га·год)
Взвешенные вещества	2500
БПК <sub>20</sub>	140
Нефтепродукты	40

Сопоставление образуемых загрязняющих веществ при смыте ливневыми стоками с селитебной территории, находящейся в водосборе водохранилища, и установленных сбросов по соответствующим ингредиентам от ЛОС (рис. 21) демонстрирует ведущую роль ливневых стоков в общей картине загрязнения.

Из приведённых сопоставлений вытекает следующее, что загрязнение с селитебной территории в водохранилище поступают даже в больших объёмах, чем из ЛОС:

- по БПК<sub>20</sub> – в разы;
- по нефтепродуктам – в десятки раз;
- по взвешенным веществам – в десятки раз;
- по азоту аммонийных солей – в разы;
- по фосфору фосфатов – сопоставимо.

Не дана конкретная числовая оценка по причине отсутствия чёткого понимания: сколько населения непосредственно сбрасывает в водохранилище стоков (либо по ливневой канализации либо по системе самовольно установленных сбросных труб) и в так называемые выгребные ямы; также используются крупномасштабные карты, исключающие учёт так называемых западин при оценке смыва загрязняющих веществ с селитебной территории.

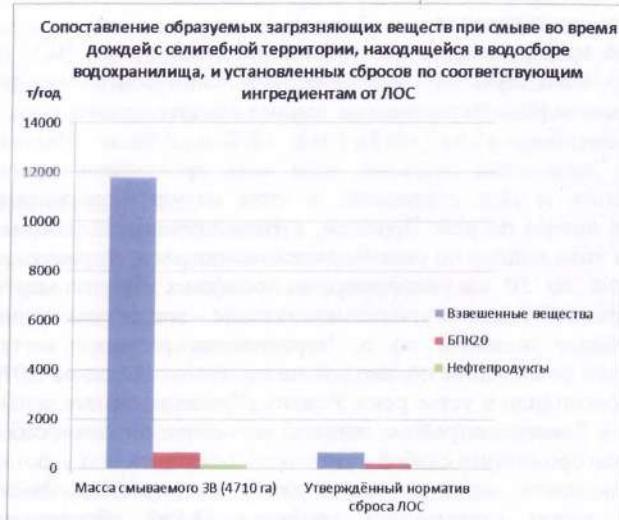


Рис. 21 – Поступающие ЗВ от ливневых стоков в водохранилище с селитебной территории.

Предлагаемое сравнение представлено в качестве иллюстрации основного воздействия на Воронежское водохранилище, результатом которого в воде формируется благоприятная питательная среда для развития не только сине-зеленых водорослей, но и патогенных элементов, среди которых возбудители заболеваний холерой, гепатитом Б, кишечная полочка, гельминты и т.п.

Отдельно следует упомянуть о гидрологических рисках.

Нормальный подпорный уровень в Воронежском водохранилище поддерживается с момента строительства на уровне 93,0 м БС. Имеются лишь единичные случаи за 47 лет отступлений от регламента, да и то это были случаи обусловленные либо техническими причинами (проводка судна с повышенной осадкой) либо природными (была попытка уменьшить подпор во время выдающегося паводка на р. Усмань). К сожалению, последнее никак не отражено ни в архиве гидроузла, ни в архиве Воронежского гидрометеоцентра. Поэтому при формировании предложения по предпаводковой сработке водохранилища в один из сложных годов (семь лет назад) на совещании руководителей природоохранных структур такое предложение было категорически отвергнуто ввиду незнания данного регионального опыта. А ведь почти сразу после ввода в эксплуатацию Воронежского гидроузла в 1979 была осуществлена сработка водохранилища до 0,8 м!

Между тем на реке Воронеж уже объективными стали высокие потенциальные гидрологические риски – как существование зон

протяжённых затоплений селитебных территорий, так и потенциальную опасность самого гидроузла.

В своё время учёными географического факультета ВГУ предметно проанализированы случаи выдающихся затоплений селитебных территорий по реке Воронеж [26]. Исторические данные свидетельствуют, что наиболее многоводными были годы: 1917, 1942, 1970 и 1980 гг. На реке крайне обостряется паводковая ситуация, если пики прохождения половодья на реках Воронеж и Дон совпадают, в этом случае Дон закрывает сход паводкового потока по реке Воронеж, в этом случае река даже может течь вспять. При этом подпор по реке Воронеж может распространяться вверх по ходу течения до 50 км, например, в последних числах марта 1971 г. последний раз наблюдалось уникальное явление – вода в реке пошла вспять.

Локальные подпоры по р. Воронеж на разных участках могут возникать при совпадении половодий на притоках. В весной 2018 г. такое явление происходило в устье реки Усмань (Усманка). Коттеджный посёлок Малиновка в Рамонском районе испытал по истине шоковое событие. VIP-коттеджи, выгороженные слабой дамбочкой, оказались под угрозой её, в это время наблюдалась через круговую дамбу повсеместная фильтрация, в отдельных местах открывались грифоны. После обследования этого события и уяснения причин его, возникла идея по управлению гидрологическими рисками на реке Воронеж, для чего при таких половодьях имеется возможность управления ими – требуется в это время осуществлять своевременную согласованную сработку крупных водохранилищ, находящихся в бассейне, и не уходить от существующей возможности выходить на повышенные уровни воды в них, естественно, в случае наличия уверенного прогноза паводкового события.

После строительства Воронежского водохранилища гидрологическая ситуация может стать ещё жёстче. При ознакомлении с проектной документацией на Воронежский гидроузел и с декларациями безопасности, разработанными в разные годы (разрабатываются каждые 5 лет), установлено, что сценарий разрушения гидроузла во время существенного подпора водосброса Доном вообще не рассматривается!

Также не учитываются в декларациях безопасности работы, проводимые в ложе водохранилища, сейчас уже можно говорить о значительных уменьшениях резервного объёма, в центральной части города происходит массовый намыв грунта под эгидой улучшения водообмена, что практически не происходит ввиду специфики расположения мостовых переходов, отверстия мостов находятся не друг против друга, и река вынуждена петлять по водохранилищу, образуя новые застойные зоны взамен утерянных, русловой процесс в мелководном водохранилище, хотя и в уменьшенной динамике, никто не отменял. Гидродинамических моделей происходящего водообмена до настоящего времени никем сделано не было.

И последнее по Воронежскому водохранилищу, у городских и региональных властей, создаётся впечатление, что уровень НПУ 93,0 м БС будет всегда, какие бы половодья не происходили. А ведь Воронежское водохранилище по проекту имеет возможность при форсированном

подпорном уровне подниматься на 2,2 м, т.е. уровень ФПУ составляет 95,2 м БС. Городская инфраструктура и прибрежные застройки в отдельных местах уже давно вышли на эти уровни потенциальных затоплений.

Согласно паспорта безопасности Воронежского гидроузла потенциальные риски затопления при половодье обеспеченностью 0,5 % (согласно класса капитальности сооружения) и разрушении плотины составляют:

а) по нижнему бьефу:

1) в зону затопления попадают:

- 17 населенных пунктов сельского типа;
- 23,9 км автодорог с асфальтовым покрытием;
- 3 понтонных моста;
- 17,32 км линий электропередач;
- 10992,3 га сельскохозяйственных угодий;
- 11600 га лесных массивов;

2) социальные потери при аварии в ночное время (наихудший сценарий):

- погибших – 36 человек;

- пострадавших – 242 человека;

б) по верхнему бьефу в зону затопления от 1 до 3 суток попадут:

1. Многоэтажные жилые дома – 3 шт.;

2. Частные дома и дачные строения – 750 шт.;

3. Городские дороги:

- с асфальтовым покрытием – 7 км,
- с грунтовым покрытием – 13,1 км;

4. Объекты хозяйствующих субъектов:

- пристань – 1 шт.,
- гаражный кооператив – 3 шт.,
- яхт-клуб – 1 шт.,
- водолазный клуб – 1 шт.,
- объект обслуживания населения – 2 шт.,
- объект инфраструктуры ж/д транспорта – 1 шт.,
- лодочные станции – 2 шт.,
- стадион – 1 шт.,
- Академия водного спорта – 1 шт.;

5. Кладбище – 1 шт.;

6. Водоподъёмные и насосные станции – 2 шт.;

7. В зоне затопления проживает населения – 5126 чел.

3) Итоговый прогнозируемый ущерб по сценарию составит 2107,686 млн. руб.

Река Усмань (Усманка).

Река Усмань является левым притоком реки Воронеж, впадение находится 64 км от устья. Исток реки Усмань находится в Усманском районе Липецкой области, в Воронежской области реку после с. Новая Усмань принято называть Усманкой, эта же надпись обнаруживается и на картах.

Длина реки составляет 151 км, а площадь бассейна – 2840 км<sup>2</sup>.

Бассейн реки расположен на Окско-Донской равнине. В Воронежской области водосборная площадь располагается на территории трёх административных районов: Новоусманском, Верхнекавском и Панинском. Река протекает по мелководной равнине, слегка наклонённой в сторону реки Воронеж, средний уклон водосбора составляет всего лишь 0,11 %, средняя высота территории – 150 м БС.

Геологическое основание долины реки представлено ледниками четвертичными суглинками (рис. 2).

Лесистость водосбора достигает 10 %, около 2,5 % бассейна заболочена, пойменные болота сопровождают Усмань почти на всём её протяжении, встречаются многочисленные пойменные озёра. В реку впадают два достаточно больших притока: Хава и Тамлык. Бассейн реки является резко асимметричным: левобережная и правобережная части соотносятся как 1:10 (рис. 22) [26].

В результате неотектонических поднятий, произошедших в недалёком прошлом геологическом времени, после с. Новая Усмань река круто поворачивает на север в пониженную часть ландшафта, из-за чего в месте разворота пойма реки расширяется до 3 – 4 км, при этом имея многочисленные заболоченные участки.

Правобережная часть водосбора полностью зарегулирована многочисленными плотинами, перекрывающими временные и постоянные водотоки. Образующиеся водоёмы достаточно крупны, 13 из них имеют полный объём более 1 млн. м<sup>3</sup>.

В среде надзорных и контрольных органов бытует своя условная классификация искусственно созданных водоёмов: пруды и водохранилища. Искусственно созданные водоёмы, имеющие объём более 1 млн. м<sup>3</sup>, принято называть водохранилищами, а менее – прудами.

Если обращаться к практикам, а именно, гидротехникам-мелиораторам или рыбоводам, то водоёмы, предназначенные для этих целей чаще в этой среде называются прудами. Водохранилищами же общепринято всеми сторонами называть водоёмы с объёмом более 10 млн. м<sup>3</sup>, так как такие водоёмы подлежат особому учёту [29, 30].

Если же обращаться к исследованию вопроса классификации искусственных водоёмов учёными от гидрологии и гидротехники ещё при СССР, то для классификации таких водных объектов используется чаще понятие «водохранилище» [31, 32]. Понятно почему, название «водохранилище» является самодостаточным и исчерпывающим – дословно: «воду хранить», а в каких количествах – это уже не столь важно. В действующей нормативной документации можно встретить все три названия: «водоём», «водохранилище» и «пруд», хотя классификация приведена только для обобщающего – «водоём» (табл. 13) [33], отдавая на откуп эксплуатационникам самим устанавливать названия для водных объектов.

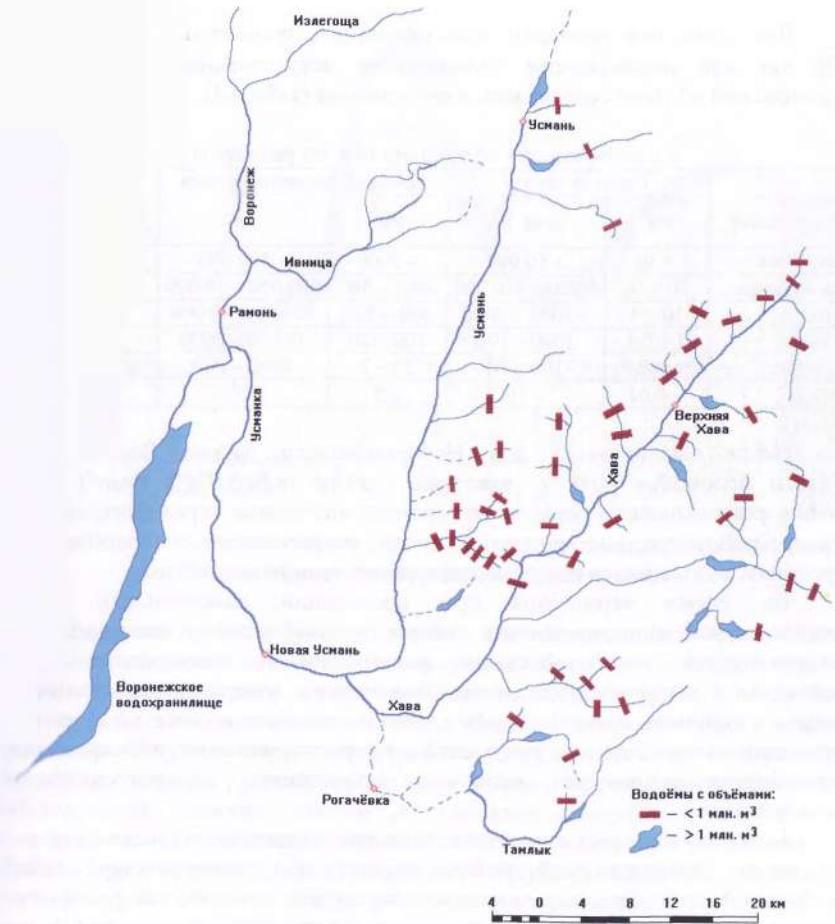


Рис. 22 – Речная система реки Усмань и её запруженность.

Таблица 13

Классификация водоёмов по морфометрическим признакам

Индекс	Площадь поверхности		Объём		Максимальная глубина	
	Категория	Значение, км <sup>2</sup>	Категория	Значение, км <sup>3</sup>	Категория	Значение, м
1	Очень большая	> 1000	Очень большая	> 10,0	Большая	> 50
2	Большая	от 101 до 1000	Большая	от 1,1 до 10,0	Средняя	от 11 до 50
3	Средняя	от 10 до 100	Средняя	от 0,5 до 1,0	Малая	от 5 до 10
4	Малая	< 10	Малая	< 0,5	Очень малая	< 5

Для сравнения приведём классификацию, принятую в мелиорации [32], так как подавляющее большинство искусственных водоёмов в Воронежской области создавалось для орошения (табл. 14).

Таблица 14

Классификация водохранилищ по размерам

Категория водохранилищ	Полный объём		Площадь водного зеркала		Отношение к общему числу водохранилищ, %
	км <sup>3</sup>	млн. м <sup>3</sup>	км <sup>2</sup>	га	
Крупнейшие	> 50	> 50 000	> 5000	> 500 000	< 0,1
Очень крупные	50 – 10	50 000 – 10 000	5000 – 500	500 000 – 50 000	1
Крупные	10 – 1	10 000 – 1000	500 – 100	50 000 – 10 000	5
Средние	1 – 0,1	1000 – 100	100 – 20	10 000 – 2000	15
Небольшие	0,1 – 0,01	100 – 10	20 – 2	2000 – 200	35
Малые	< 0,01	< 10	< 2	< 200	44

После выдающегося для Новоусманского района Воронежской области половодья 2018 г. властные органы попытались разобраться: почему река вышла из берегов так сильно, что пошла через центральную дорогу райцентра, не говоря уже о многочисленных затопленных строениях, оказавшихся на незащищённой от затопления пойме.

Во время затопления при проведении спасательных работ производились многочисленные съёмки, в том числе и панорамные с квадрокоптеров, многочисленные фотографии и видеоролики были выложены в интернет населением. Для поиска ответа на поставленный вопрос о причине многочисленных затоплений был поднят весь массив картографических данных: документация территориального планирования, космоснимки разных лет, материалы проведённых аэрофотосъёмок в бассейне реки.

Был получен ответ с многочисленными примерами стеснения поймы, заполнения затапливаемой поймы объектами строительства, слабой пропускной способностью мостовых переходов из-за их полузакрытия древесно-кустарниковой растительностью, зарегулированности реки. Были обнаружены остатки старых русловых плотин: водосбросные сооружения разрушены, а насыпи не демонтированы. Следы таких русловых преобразований можно установить по аэрофотоснимкам около поселений на реке: ранее на реке существовало девять мельничных запруд [26], теперь вдоль посёлка простирается широкое русло реки, а за посёлком резкое сужение с небольшой протокой. Исследуя краеведческие материалы, можно найти свидетельства о существовании малой гидроэлектростанции недалеко от с. Новая Усмань в довоенные времена, следы которой были также найдены у СНТ им. Мичурина об этом же получены свидетельства от местных жителей (рис. 23).

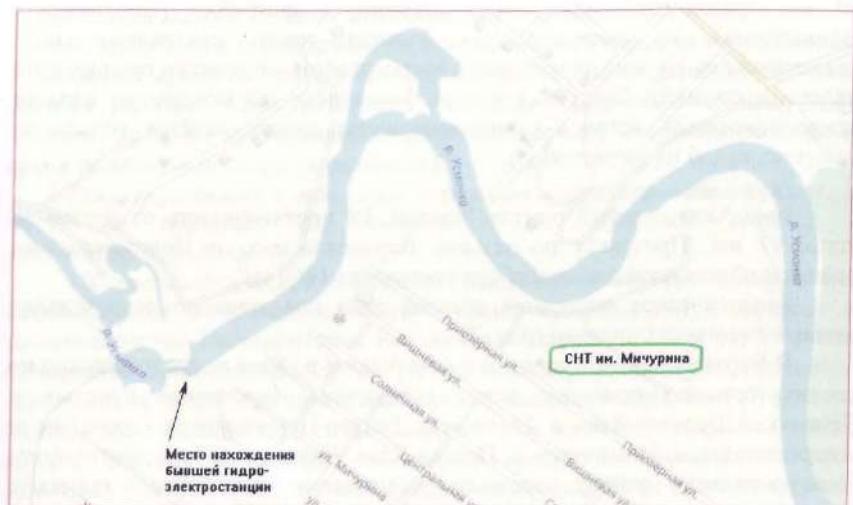


Рис. 23 – Историческая зарегулированность реки в месте расположения бывшей (довоенной) гидроэлектростанции.

Во время прихода большой воды, а это происходило на фоне крайне активного снеготаяния, массово происходил сброс поступающей воды с водоёмов бассейна реки через аварийные водосбросы (рис. 20), т.е. был засвидетельствован местными жителями эффект форсировки сброса на пике половодья. По утверждению жителей были разрушены плотины в верховьях бассейна, однако, проведённые в летнее время многочисленные обследования нижних плотин в каскадах водохранилищ (прудов) свидетельствовали о недостоверности этого, разрушения выявлены не были. Зафиксированы были аварийные ситуации лишь на отдельных верхних прудах в каскадах гидротехнических сооружений.

Непосредственно реку Усмань пересекают 9 автодорожных мостов в её постоянном течении, 1 железнодорожный мост. Эти мосты также оказывают своё влияние на режим реки во время половодья.

Как следствие, исторически созданная гидрологическая природно-техническая система (ГПТС) в бассейне реки Усмань во время половодья сработала неудовлетворительно, что говорит о необходимости её настройки. Это было отмечено в акте обследования реки по местам её предполагаемой расчистки на отдельных участках. В форме особого мнения было указано, что расчистка русла улучшит лишь рекреационную способность реки, но никак не снизит паводковые риски затоплений.

В отношении экологического состояния вод реки крайне трудно судить напрямую, так как створа наблюдений Воронежского гидрометеоцентра за качеством поверхностных вод на реке Усмань (Усманка) нет. Река перед впадением в реку Воронеж на протяжении около

40 км практически идёт через сплошную застройку (Воронежская агломерация), не имеющую по большей части централизованного канализования, на этих территориях располагается множество предприятий малого и среднего бизнеса, которые фактически исключены из надзора природоохранных органов (природоохранная работа ведётся только по наличию жалоб на загрязнение).

#### Река Хава.

Река Хава – левый приток Усмани. Её протяжённость от истока до устья 97 км. Протекает по землям Верхнехавского и Новоусманского районов; общая площадь водосбора составляет 1460 км<sup>2</sup>.

Геологическое основание долины реки представлено ледниковыми четвертичными суглинками (рис. 2).

В Верхнехавском муниципальном районе р. Хава последовательно по своему течению проходит через следующие населённые пункты: п. Черняхи, с. Верхняя Хава, д. Таловая, с. Дмитро-Покровское, с. Сухие Гаи, д. Андреевка 1-я, д. Ильиновка, с. Правая Хава. Далее река Хава протекает по Новоусманскому району рядом со следующими населёнными пунктами (последовательно по направлению к устью реки): п. Никольское, с. Рождественчкая Хава, п. Успенская Хава, п. Волна-Шепелиновка, с. Парусное.

Анализируя географическую карту и космоснимок около п. Успенская Хава можно обнаружить мелиоративную осушительную систему на площади около 300 га.

Русло реки умеренно извилистое, местами сильно заросшее и заиленное по всей длине реки. Средняя ширина 2 – 5 м, глубина от 0,5 до 1,5 м. При половодье подъём по реке происходит на 1,5 ± 2,5 м над средней меженью в зависимости от суженности поймы и русловых препятствий для паводкового потока – низководные мосты, степень заросшести реки и т.п.

Река Хава протекает территориям, занятым в основном сельскохозяйственным производством: растениеводство, животноводство и их переработка сельхозпродукции.

Антropогенное воздействие на реку выражается в её существенной зарегулированности: на водосборной площади имеется 35 искусственно созданных водоёмов на овражно-балочной системе и на малых реках и ручьях, впадающих в Хаву (рис. 20), из них 7 с объёмом более 1 млн. м<sup>3</sup>. Непосредственно на реке, на основании комбинированной карты (космоснимок + географическая карта-схема) легко идентифицировать три искусственно созданных плёсовых участка – остатки трёх бывших мельничных прудов, которые выражаются в наличии протяжённого руслового водоёма и узкой протоки для сброса воды. В месте сброса русло не размывается и не меандрирует, что свидетельствует о креплении протоки камнем и слаборазмываемыми грунтами.

Наибольшее такое искусственное уширение реки обнаруживается у села Рождественская Хава Новоусманского района ниже слияния рек Хава и Правая Хава: длина уширения 0,9 км, ширина реки 40 м, протока для реки

находится на выходе из села. Это основные рекреационные места в сёлах – пример природного преобразования искусственного водоёма в природный. В настоящее время не проводится никакой работы по сохранению протоки, система работает самостоятельно, крепление задерновалось, покрылось местами древесно-кустарниковой растительностью, скорости потока во время половодья протоку не размывают.

Реку пересекают 9 мостовых переходов асфальтированных дорог, 1 мост для переезда при следовании по грунтовой дороге, 1 железнодорожный мост.

На геэкологическое состояние реки оказывает растениеводство, выражающееся в выносе с полей широко применяемых химикатов в растениеводстве. На территории Верхнехавского района в настоящее время развивается животноводство, что также создаёт большие экологические проблемы на водосборе при обращении с животноводческими отходами. Отходы животноводства и птицеводства – это многокомпонентная смесь, которая состоит из твёрдых и жидких продуктов жизнедеятельности животных (эксременты), остатков корма животных. Чаще всего на фермах используется технология гидросмыыва, поэтому отходы с животноводческой фермы – это полидисперсная суспензия, которая в своём составе содержит органические компоненты и минеральные вещества. В первоначальном виде отходы птицеводческих и свиноводческих хозяйств расцениваются как отходы III класса опасности.

Здесь же требуется помнить об утилизации биологических отходов, которые утилизируются как правило на месте и захораниваются. В регионе ежегодно фиксируются массовые забои скота (чума свиней и др.) и птицы (птичий грипп), фиксировалась гибель кур на птицефабрике в результате отключения электроэнергии. В приведённых случаях забивают (гибают) десятки тысяч животных либо птиц одномоментно или в считанные дни, и, к сожалению, не всегда их утилизация проводится на должном уровне.

В Верхнехавском районе своеобразный бум свиноводческих хозяйств в последние годы, по производству свинины район вышел на второе место в Воронежской области – 13,1% от общего областного производства; выращенных свиней в 2017 г. было около 250 тыс. голов. Для сравнения, население в Верхнехавском районе составляет около 24 тыс. чел., т.е. на каждого человека приходится 10 свиней, это очень высокая нагрузка на экосреду.

Обозначенная проблема имеет крайне важный фактор влияния на экосреду территории, который часто опосредованно распространяет своё влияние на гидросреду, о чём уже упоминалось выше, выражающееся в прямом отравлении вод органическими и химическими компонентами, и, как ответная реакция, бурное развитие водной растительности, эвтрофикация, зарастание, заиление рек.

Технологии содержания животных и птицы разнообразны, разнообразны и способы уборки навоза и фекалий из помещений их содержания. Как правило факторами, определяющими вид содержания

Таблица 15

животных и уборки мест их размещения, являются: порода животного, климатические условия, тип и мощность животноводческого комплекса.

В общем случае навоз от животных с точки зрения способов уборки помещений различают: подстилочный (навоз с подстилкой и кормовыми остатками) и бесподстилочный (гидросмыв навоза либо сухой смёт). Чаще всего на животноводческих комплексах при уборках помещений применяют гидросмыв, при этом образующийся навоз классифицируется: полужидкий (содержит более 8 % сухого вещества), жидкий (содержит 3 – 8 % сухого вещества) и навозные стоки (содержат менее 3 % сухого вещества) [34]. Основная масса отходов птицефабрик получается в виде жидкого помёта либо помётных стоков.

В соответствии с Федеральным классификационным каталогом отходов (ФККО) [35]:

- навоз крупного рогатого скота (КРС) (хранение не менее 6-ти месяцев) – V класс опасности;
- навоз КРС свежий – IV класс опасности;
- навоз от свиней свежий – III класс опасности;
- навоз от свиней перепревший (хранение не менее 1 года) – IV класс опасности;
- птичий помёт – III класс опасности.

Для оценки потенциала антропогенного влияния на экосреду сельскохозяйственных птицеводческих и животноводческих спецхозов, повсеместно размещаемых в регионе, требуется привести среднесуточные нормы выхода навоза и фекалий от одного животного и птицы (табл. 15, 16, 17) [34].

На молочных фермах от одной коровы на доильных установках также следует учитывать навозные стоки из расчёта 20 л в сутки с содержанием в стоках 2 – 3 % экскрементов от их среднесуточного выхода.

Легко представить из табл. 15 и 16 объёмы, с одной стороны, поступающей воды для питья и обеспечения технологических процессов на фермы с животными, с другой стороны, используемой воды для гидросмыва отходов, возникающих в результате жизнедеятельности животных. Поэтому спецкомплексы с сельскохозяйственными животными всегда сопровождают навозонакопители в виде отстойников (лагун) и технологические площадки для сушки навоза. Во время сушки навоза на площадках в регионе неоднократно регистрировались случаи во время ливней и снеготаяний экологические происшествия, а в г. Лиски фиксировалась даже чрезвычайная ситуация 31.05.2012 по случаю смыва большого объёма навоза из спецхозов ОАО «Маяк» и ЗАО «9-я пятилетка» по откорму бычков и свиней соответственно в овражно-балочную сеть. Загрязнённый поток грязных вод прошёл через селитебную территорию пригорода, а далее произошёл его сброс в реку Дон.

В отношении птицеводческих хозяйств следует проводить расчёты по образующимся отходам согласно табл. 17.

Среднесуточное образование отходов  
от одного животного на свинокомплексах

Половозрастные группы свиней	Показатели отходов – экскрементов	Состав экскрементов	
		всего	в том числе
		кал	моча
Хряки	Масса, кг	11,1	3,86
	Влажность, %	89,4	75
Свиноматки:	Масса, кг	8,8	2,46
- холостые	Влажность, %	91	73,1
- супоросные	Масса, кг	10,0	2,6
	Влажность, %	91	73,1
- подсосные	Масса, кг	15,3	4,3
	Влажность, %	90,1	73,1
Поросята (возраст, дни):	Масса, кг	0,4	0,1
26 – 42	Влажность, %	90,0	70,0
43 – 60	Масса, кг	0,7	0,3
	Влажность, %	86	71
61 – 106	Масса, кг	2,4	0,9
	Влажность, %	86,1	71,4
Свиньи на откорме (масса, кг):	Масса, кг	5	2,05
до 70	Влажность, %	87	73
более 70	Масса, кг	6,5	2,7
	Влажность, %	87,5	74,7
			96,9

Примечание к табл. 15:

1) Общая зольность экскрементов соответствует 15 %, плотность сухого вещества в них составляет 1400 кг/м<sup>3</sup>;

2) При укрупнённых оценках выхода отходов из свиноводческих комплексов с проектным заполнением поголовьем относительное содержание мочи в общей массе экскрементов составляет 65 %, а содержание сухого вещества – 17 % от общей массы сухого вещества в экскрементах.

Таблица 16

Среднесуточное образование отходов  
от одного животного на фермах с КРС

Половозрастные группы КРС	Показатели отходов – экскрементов	Состав экскрементов	
		всего	в том числе
		кал	моча
Быки-производители	Масса, кг	40	30
	Влажность, %	86	83
Коровы	Масса, кг	55	35
	Влажность, %	88,4	85,2
Телята:	Масса, кг	4,5	1
- до 3-х месяцев	Влажность, %	91,8	80
- от 3-х до 4-х месяцев	Масса, кг	7,5	5
	Влажность, %	87,4	83
			96,2

Половозрастные группы КРС	Показатели отходов – экскрементов	Состав экскрементов		
		всего	в том числе	
			кал	моча
- от 4-х до 6-и месяцев	Масса, кг	14	10	4
	Влажность, %	87,2	83,5	96,5
Молодняк (тёлки и нетели):	Масса, кг	14	10	4
6 – 12 месяцев	Влажность, %	87,2	83,5	96,5
12 – 18 месяцев и нетели	Масса, кг	27	20	7
	Влажность, %	86,7	83,5	96
На откорме:	Масса, кг	26	14	12
6 – 12 месяцев	Влажность, %	86,2	79,5	94,1
старше 12 месяцев	Масса, кг	35	23	12
	Влажность, %	84,9	80,1	94,2

Примечание к табл. 16:

1) Общая зольность экскрементов соответствует 16 %, плотность сухого вещества в них составляет 1250 кг/м<sup>3</sup>;

2) При определении подстилочного навоза КРС учтены условия содержания животных, а также вид, влажность и количество добавляемой подстилки на голову в сутки.

Таблица 17

Среднесуточное образование отходов от одной головы птицы  
на спецкомплексах птицеводческих хозяйств

Виды и возрастная группа птиц	Выход помёта в расчёте на одну голову в сутки, г	Расчётная влажность помёта, %	Объёмная масса помёта, т/м <sup>3</sup>
<b>Взрослая птица</b>			
Куры:			
- яичные родительского стада	189	71 – 73	0,6 – 0,7
- яичные промышленного стада	175	71 – 73	0,6 – 0,7
- мясные родительского стада	276 – 300	71 – 73	0,6 – 0,7
Индейки	450	64 – 66	0,6 – 0,7
Утки	423	80 – 82	0,7 – 0,8
Гуси	594	80 – 82	0,7 – 0,8
<b>Молодняк ремонтный</b>			
Куры личные (возраст, недели):			
1 – 4	24	66 – 74	0,6 – 0,7
5 – 9	97	66 – 74	0,6 – 0,7
10 – 12	176	66 – 74	0,6 – 0,7
Куры мясные (возраст, недели):			
1 – 8	140	66 – 74	0,6 – 0,7
9 – 18 (19)	184	66 – 74	0,6 – 0,7
19 (20) – 26	288	66 – 74	0,6 – 0,7
Индейки (возраст, недели):			
1 – 17	378	70 – 72	0,6 – 0,7
18 – 33 (34)	480	70 – 72	0,6 – 0,7

Виды и возрастная группа птиц	Выход помёта в расчёте на одну голову в сутки, г	Расчётная влажность помёта, %	Объёмная масса помёта, т/м <sup>3</sup>
Гуси (возраст, недели):			
1 – 3	330	76 – 78	0,7 – 0,8
4 – 9	480	76 – 78	0,7 – 0,8
10 – 30 (27)	495	76 – 78	0,7 – 0,8
31 (28) – 34	495	76 – 78	0,7 – 0,8
Утки (возраст, недели):			
1 – 7 (8)	230	76 – 78	0,7 – 0,8
8 (9) – 21	210	76 – 78	0,7 – 0,8
22 – 26	234	76 – 78	0,7 – 0,8
8 – 21 (тяжёлый кросс)	234	76 – 78	0,7 – 0,8
22 – 28 (тяжёлый кросс)	253	76 – 78	0,7 – 0,8
<b>Молодняк на мясо</b>			
Цыплята-бройлеры (возраст, недели):			
1 – 8 (в клетках)	135	66 – 74	0,6 – 0,7
1 – 9 (на полу)	158	66 – 74	0,6 – 0,7
Индейки (возраст, недели):			
1 – 8	175	70 – 72	0,6 – 0,7
9 – 16	364	70 – 72	0,6 – 0,7
9 – 23	420	70 – 72	0,6 – 0,7
Гуси (возраст, недели):			
1 – 3	352	76 – 78	0,7 – 0,8
4 – 9	480	76 – 78	0,7 – 0,8
Утки (возраст, недели):			
1 – 8	230	76 – 78	0,7 – 0,8

Примечание к табл. 17:

1) Усушка отхода в виде помёта взрослых кур, индеек и молодняка старше 60 дней при клеточном содержании на птицефабрике составляет через 12 ч – 13 %, через 24 ч – 27 %;

2) Усушка отхода в виде помёта молодняка кур и индеек в возрасте 1 – 60 дней при клеточном содержании на птицефабрике составляет через 12 ч – 16 %, через 24 ч – 33 %;

3) Усушка отхода в виде помёта взрослых и молодняка кур и индеек при напольном содержании на птицефабрике составляет 55 %, а в этих же условиях уток – 35 %;

4) В случае расчётов мощности помётокорнилищ рекомендуется принимать удельную объёмную массу образующегося помёта 0,7 ÷ 0,8 т/м<sup>3</sup>, зольность – 17,3 %, влажность – 55 ÷ 60 %.

Для оценки антропогенного давления на окружающую среду биогенными химическими веществами можно воспользоваться укрупнёнными показателями.

Так, от курицы-несушки в год исходит около 0,8 кг азота и 0,2 кг фосфора. Количество биогенных веществ содержащихся в навозе КРС и свиней для удобства восприятия сведено в табл. 18.

Таблица 18

Количество содержащихся в навозе биогенных химических веществ

Вид животных	Содержание веществ		
	по отношению к сухому веществу, %		
	Азот (N)	Фосфор (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	Калий (K <sub>2</sub> O)
Крупный рогатый скот	3,2	1,8	5
Свиньи	6	3,2	2,5

Для понимания проблемы приведём количество сельскохозяйственных животных в Верхнекавском районе (табл. 19), большая часть территории которого находится в бассейне реки Хава.

Таблица 19

Поголовье сельскохозяйственных животных в Верхнекавском районе в 2017 г.

Вид животных	Поголовье
Крупный рогатый скот,	862
- в том числе коровы	387
Свиньи	107597
Овцы и козы	3865

Дополнительно к этому, к 2020 г. в Верхнекавском районе, непосредственно в с. Верхняя Хава, состоится реализация проекта по расширению ООО «Селекционно-гибридный центр».

ООО «Селекционно-гибридный центр» – это свиноводческая ферма по разведению свиней, в 2017 г. на ферме было 7,3 тыс. свиноматок. К 2020 г. будет построено 10 новых корпусов для доращивания поросят до товарного веса, поголовье увеличится до 120 тыс. голов!

Для оценочного подсчёта выхода биогенных химических веществ, которые при определённых условиях оказываются с течением времени в водных объектах воспользуемся усреднёнными показателями для свиноводческих хозяйств. Исходя из отсутствия в открытой прессе разреза (спектра) по половозрастному стаду свиноводческого стада Верхнекавского района примем для расчёта, что одновременно в районе находятся свиньи на откорме до 70 кг – это, очевидно, является нормалью для технологии свиноводческого производства мяса. Для этих условий из табл. 13: масса отхода от одной свиньи составляет 5 гг в сутки, с влажностью 87 %. После простого пересчёта получаем сухого отхода: 5 кг × 0,13 = 0,65 кг.

Из расчёта общего планируемого количества свиней на 2020 г. (исходные данные приведены выше): 107,6 – 7,3 + 120 = 220,3 тыс. голов получаем вначале массу сухого отхода в сутки от общего стада свиней в Верхнекавском районе: 220,3 тыс. голов × 0,65 кг = 143,195 т сухого отхода в сутки. В пересчёте в образующиеся биогенные химические вещества:

- азот (N) = 143,195 × 0,06 = 8,952 т;
- фосфор (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) = 143,195 × 0,032 = 4,582 т;
- калий (K<sub>2</sub>O) = 143,195 × 0,025 = 3,580 т.

Эти оценки приведены для ежесуточного выхода биогенных химических веществ на территории одного административного района!

Из рассуждений приводимых выше следует, что до 7 % биогенных химических веществ при внесении преобразованного навоза на поля выносится в водные объекты, а с учётом того, что фермерам в настоящее время проще и дешевле применять минудобрения, то следует единственный вывод – до 50 % рано или поздно биогенных химических веществ окажется в водных объектах – это общеизвестное соотношение. Под водными объектами понимаются здесь поверхностные и подземные объекты, собственно говоря, составляющие гидросферу на суше.

#### Река Хворостань.

Река Хворостань является левым притоком Дона (1262 км от устья), длина реки составляет 79 км, водосборная площадь – 1080 км<sup>2</sup>. Главными притоками реки являются: Сухая Хворостань (правый), протекающая через с. Левая Россось, и Красная (левый) (рис. 24). На рис. 24 нанесена балка Сухая Хворостань, а не река.

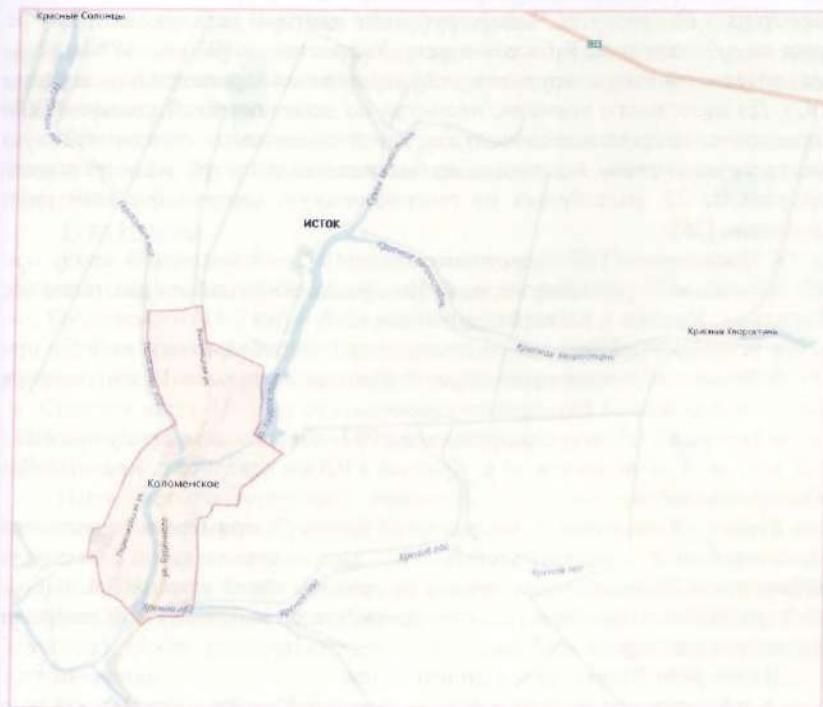


Рис. 24 – Исток реки Хворостань – водохранилище у с. Коломенское.

Геологическое основание долины реки представлено ледниками четвертичными суглинками (рис. 2).

Река протекает по двум административным районам: Лискинскому (25 км) и Каширскому (54 км). Исток реки находится у с. Коломенское Каширского района, в настоящее время истоком является водохранилище с русловой плотиной, перегораживающей водоток зарождающейся реки.

Река Хворостань 75 % своей длины протекает или даже проталкивается сквозь окружающие её заселённые территории – практически следующими друг за другом населённые пункты и по правому и по левому берегу. Заселение долины реки началось ещё во второй половине XVIII века.

Пойма реки по ширине изменяется от 0,8 до 2,5 км перед впадением в реку Дон (1340 км от устья) между сёлами Машкино и Старой Хворостанью.

Русло реки имеет ширину на разных участках от 1,5 до  $50 \div 60$  м, имея при этом буйный характер во время половодья. При низкой летней межени высота подъёма уровня воды во время половодья может достигать  $4 \div 5$  м! В настоящее время происходит значительная срезка паводковых пиков ввиду большой зарегулированности непосредственно самой реки Хворостань и её притоков. Четыре русловые плотины перекрывают реку от истока до с. Каширское. В бассейне реки Хворостань в 1970-е – 1980-е годы была создана мощная прудовая государственная оросительная система (ГОС). До настоящего времени, несмотря на экономический упадок ФГБУ «Управление «Воронежмеливодхоз», представляющего государственную оросительную систему в регионе, на балансе числятся три мелиоративных гидроузла из 22, нанесённых на географическую карту в бассейне реки Хворостань [36]:

- Московская ГОС, год строительства 1972, объём воды в пруду при НПУ 3,7 млн. м<sup>3</sup> – размещается на б. Кондрашкин Лог в 5 км юго-западнее райцентра с. Кашира в Каширском районе;
- Рогачёвская ГОС, год строительства 1979, объём воды в пруду при НПУ 0,48 млн. м<sup>3</sup> – размещается на б. Лапина Лощина в 12 км севернее райцентра с. Кашира в Каширском районе;
- Красная ГОС, год строительства 1987, объём воды в пруду при НПУ 2,125 млн. м<sup>3</sup> – размещается на р. Красная в 0,5 км севернее с. Красный Лог в Каширском районе.

Река Хворостань является ярким примером водотока, обеспечивающим жизнедеятельность населения. Вдоль водотока располагается 23 населённых пункта (в среднем через каждые 3,4 км), но при этом имеются и значительно протяжённые, например, с Каширское растянулось вдоль реки на 8 км.

Вдоль реки Хворостань располагаются:

- в Каширском районе: с. Коломенское, с. Каширское, с. Мосальское, с. Данково, п. Рябчево, с. Старица, с. Верхнее Марьино;
- в Лискинском районе: с. Рождествено, с. Нижнemарьино, с. Добрино, с. Тресуроково, с. Ермоловка, с. Почепское, с. Вознесеновка, х.

Луговой, х. Прогонный, п. Давыдовка, с. Дракино, х. Студёновка, с. Машкино, с. Старая Хворостань.

В долине реки фактически от истока до устья проживает около 17 тыс. человек, поэтому на реку происходит мощнейшее антропогенное давление. В чём это выражается?

Зарегулированность реки обуславливается в данном случае не только упомянутыми гидroteхническими сооружениями, непосредственно возведёнными на реке, но и многочисленными сельскими переходами и переездами через реку исходя из необходимости нормальной жизнедеятельности населения: работа, учёба, магазины, органы власти, иные социальные объекты, родственные связи. Всего пересекают реку:

- 9 автомобильных мостов асфальтированных дорог разных категорий;
- 4 низководных моста грунтовых дорог;
- 8 переездов с трубными водопропусками через реку для проезда по просёлочным дорогам;
- 4 пешеходных мостка, перекинутых через реку.

Таким образом, на реке обнаруживается 25 мостовых и дорожных трубных водопропускных сооружения, т.е. средний интервал между дорожными переходами оказался 3,2 км, что говорит о значительной зарегулированности водотока.

Оценочную экологическую нагрузку возможно сделать на основании данных из табл. 11 и 12, количества проживающего населения и площади селитебной территории.

#### Река Икорец.

Река Икорец является левым притоком Дона, имея длину 97 км, протекает по землям трёх административных районов: Панинского (68,3 км), Бобровского (11,2 км) и Лискинского (17,5 км).

Пойма реки является преимущественно левобережной, в своём верхнем течении она преимущественно ровная, луговая, шириной 1,5 – 2 км. Средняя часть Икорца оказывается с поймой до 3,5 км. Глубина реки колеблется в пределах 0,5 – 1 м с шириной русла от 15 до 70 м в отдельных местах.

Имея четыре мостовых перехода (три автодорожных и один железнодорожный) у с. Средний Икорец река может подниматься в этом месте до 4,6 м над меженью.

Река Икорец берёт начало в Панинском муниципальном районе примерно в 2-х километрах южнее от райцентра п.г.т. Панино (в с. Софынка). Исток полностью зарегулирован, представляет каскад из трёх водохранилищ.

Панинский район является выдающимся в регионе по своей изнурённости плотинами временных и постоянных водотоков. На территории района числится 275 гидротехнических сооружений, образующих водохранилища (пруды) с различными объёмами, из них 7 находятся в федеральной собственностью с общей площадью зеркала 370,9 га [36].

Наличие водохранилищ создаёт потенциальную угрозу особенно во время половодья. В бассейне реки вот уже несколько лет к ряду создалась потенциальная угроза крупномасштабной аварии на б. Икорец, которая непосредственно впадает в реку Икорец у с. Криуша (рис. 25).

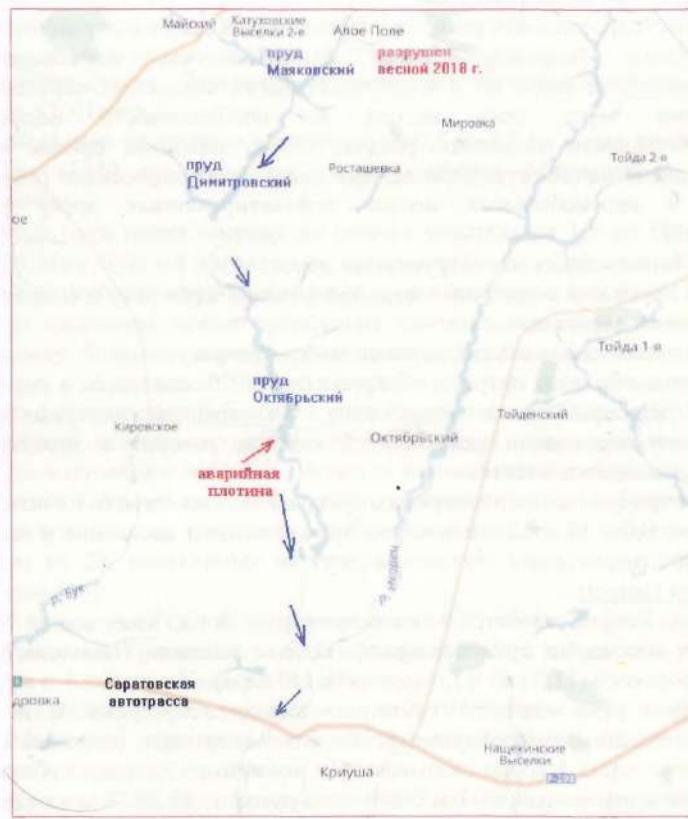


Рис. 25 – Ситуационный план по угрозе ЧС на б. Икорец Панинского муниципального района.

В результате многочисленных писем и жалоб водопользователей водохранилища Октябрьского, расположенного на б. Икорец, 05.02.2019 было проведено комиссионное обследование каскада гидротехнических сооружений, расположенных на б. Икорец в Панинском муниципальном районе.

Данный каскад находился под пристальным вниманием надзорных и контрольных органов последние три года, так как в нижнем водохранилище каскада (рис. 23) перестал работать водосброс (единственный донный), а само напорное сооружение являлось бесхозяйным.

Рассматриваемое ГТС было занесено в перечень Главного управления МЧС России по Воронежской области с повышенными рисками, муниципальная районная администрация данное сооружение также включило в паспорт безопасности территории, как объект повышенного риска. В случае разрушения гидроузла будет разрушена дорога, находящаяся на балансе областной администрации, нарушено движение по федеральной трассе А-144.

Весной 2018 г. в результате перелива через плотину пруда Маяковский было разрушено ГТС при неработающем донном водосбросе. Прорывной расход наполнил ниже расположенный в то время пустой пруд Димитровский. Это был счастливый случай, так как только что были закончены ремонтные работы на задвижке, для чего был пруд опустошён. Иначе произошла бы каскадная авария.

Характеристики водоёмов, расположенных на б. Икорец Панинского муниципального района следующие.

Пруд Маяковский не рассматривается, так как плотина разорвана по состоянию на февраль 2019 г.

Зеркало пруда Димитровский составляет 55 га, примерный объём водоёма составляет 2,5 млн. м<sup>3</sup>.

В декабре 2018 г. по суду гидротехническое сооружение перешло в собственность Панинского муниципального района.

Высота плотины – 14 м. Длина по гребню плотины – 240 м. Ширина по гребню – 8 м.

Заложение откосов: верхового – видимая часть не более 1:0,5, интенсивно разбит волнобоем; низового – 1:1,5.

Зеркало пруда Октябрьский составляет 125 га, объём при НПУ составляет 5,8 млн. м<sup>3</sup> (рис. 26).

Высота плотины составляет 14,5 м.

Ширина по гребню – 8 м. По гребню плотины проходит автодорога областного значения «Кировское – Октябрьский». Заложение откосов: верхового 1:3, низового 1:2.

Аварийного паводкового водосброса нет, водосброс осуществляется только через донный водовыпуск диаметром 800 мм.

В настоящее время донный водовыпуск неисправен по входной части, приёмная часть которого приоткрыта на 1/6 входного отверстия. Таким образом сброс воды не превышает 0,5 м<sup>3</sup>/с. Сложившаяся ситуация является предаварийной.

Так как аварийного паводкового водосброса нет, то запроектирован повышенный резервный объём на случай большого прихода воды – выдающийся паводковый сток либо срыв вышестоящего пруда в каскаде. С водосборной площади в Кировский пруд может поступить до 3,9 млн. м<sup>3</sup>, расход воды при исправном водосбросе составляет 440 тыс. м<sup>3</sup> в сутки. Половодье по малому водосбору по наихудшему сценарию может проходить от одних до двух суток. Исходя из этого требуется обеспечить водосброс 40 м<sup>3</sup>/с. Рассчитывая аварийный водосброс на пропуск данного

расхода следует, что обводной канал требуется устраивать с учётом уровня НПУ в размере  $8 \times 3 = 24 \text{ м}^2$  (рис. 27).

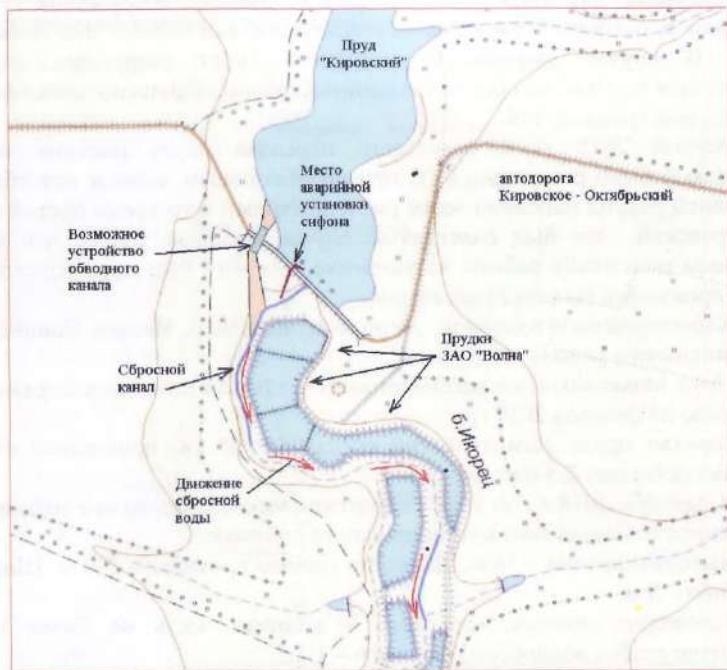


Рис. 26 – Ситуационный план по предотвращению ЧС на плотине пруда «Кировский».

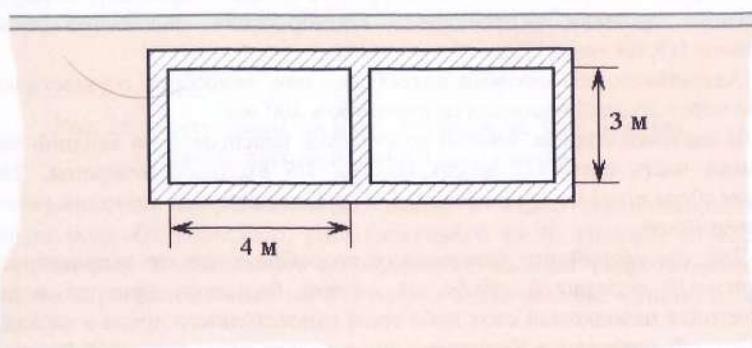


Рис. 27 – Устройство и сечение обводного канала под дорожным полотном.

Резервный объём пруда составляет до 4 млн.  $\text{м}^3$ . Таким образом в случае выдающегося половодья пруд должен без труда принять поступающий расход воды, но если на фоне такого половодья произойдёт разрушение Димитровского пруда, то произойдёт переполнение пруда, что приведёт к гидродинамической аварии.

На случай аварийной ситуации по данному каскаду гидротехнических сооружений в плане действий по предупреждению чрезвычайной ситуации районного звена областной ТП РСЧС целесообразно предусмотреть в короткие сроки сооружение обводного канала в правом плече плотины с целью сохранения сооружения. Для этого имеет смысл заключить договор о намерениях с ДРСУ со сроком реализации в паводковый период Ч + 4 часа с учётом своевременного поступления информации о необычно быстром подъёме воды.

Для предварительной сработки пруда с целью обеспечения предпаводкового резервного объёма имеется возможность понижать уровень воды с помощью сифона. Один из вариантов разборного сифона, который можно использовать аварийно-спасательными формированиями (штатными и нештатными) представлен на рис. 28.



Рис. 28 – Разборно-сборный сифон, который можно заложить в резерв районного звена ТП РСЧС.

Как приводился пример для водотока у с. Средний Икорец, река значительно запружена в результате устройства многочисленных мостовых переходов на широкой пойме. Икорец пересекает два стратегических

транспортных потока «север – юг» (трасса М-4) и «запад – восток» (трасса А-144 и железная дорога Лиски – Балашов).

Реку пересекают 10 мостовых переходов асфальтированных дорог, 4 мостовых низководных перехода для переезда при следовании по грунтовой дороге и 1 переезд с проложенными водопропускными трубами в верховьях реки, 1 железнодорожный мост.

Река получает достаточную антропогенную нагрузку от проживающего вдоль реки населения в общей сложности 14 населённых пунктов: в среднем через каждые 7 км находится населённый пункт, часто протяжённый, например, с. Верхний Икорец раскинулось вдоль реки на 10 км.

Вдоль реки Икорец располагаются:

- в Панинском районе: с. Софынка, п. Октябрьский, с. Криуша;
- в Бобровском районе: с. Юдановка, п. Красный, с. Верхний Икорец, п. Нескучный, х. Хренище;
- в Лискинском районе: х. Фёдоровский, с. Средний Икорец, с. Песковатка, п. Санатория им. Цюрупы, с. Масловка, с. Нижний Икорец.

## 2.5. Геоэкологическое состояние рек Битюго-Хопёрского гидрологического района.

### Река Эртиль.

Река Эртиль (Эртил, Большой Эртиль, Большая Эртиль в верхней части – на карте) протекает по Окско-Донской низменности, впадает в реку Битюг (229 км от устья), являясь его левым притоком. Бассейн реки занимает 931 км<sup>2</sup>, длина 92 км. В настоящее время река Большая Эртиль начинается из водохранилища у д. Малый Росляй Токарёвского района Тамбовской области. По Воронежской области длина реки составляет 54,6 км.

Геологическое основание долины реки представлено ледниковыми четвертичными суглинками (рис. 2).

По ходу течения впадают реки:

- на 20 км от устья р. Эртиль – р. Малый Эртиль (Малый Эртил), длина 47 км, водосборная площадь – 288 км<sup>2</sup>;
- на 30 км от устья р. Эртиль – река без названия, начинается в 1,1 км к юго-западу от с. Веселовка, длина 47 км, водосборная площадь – 288 км<sup>2</sup>;
- на 38 км река без названия у с. Эртиль (пригород г. Эртиль), длина 15 км, водосборная площадь – 50,7 км<sup>2</sup>;
- на 71 км река Плата (в Тамбовской области), длина 16 км, водосборная площадь – 86,9 км<sup>2</sup>.

Начало реки и левая (южная часть водосборной площади в Воронежской области) зарегулированы многочисленными плотинами.

Интересен с экологической точки зрения левый приток Большая Эртиль, впадающий у с. Эртиль (пригород г. Эртиль). Этот водоток, по сути, представляет каскад прудов из 6 прудов. Три последних

гидротехнических сооружения обслуживались ранее градообразующим предприятием для г. Эртиль сахарным заводом. Нижний пруд, который находится в г. Эртиль, является с одной стороны источником воды для завода, а с другой – прудом-охладителем для заводской ТЭЦ. В бассейне водотока располагаются поля фильтрации. Несмотря на водопользование из пруда администрация завода отказалась от эксплуатации плотин.

Водоток испытывает серьёзное загрязнение от сахарного производства, в сезон переработки свеклы от водоёма разносится дурной запах, сопутствующий отходам переработки свеклы.

Гидротехнические сооружения, находящиеся на городской территории, были взяты в собственность городской администрацией вынуждено. Непосредственно под плотиной находится 14 жилых строений г. Эртиль, ниже плотины замыкающего каскад пруда проходит асфальтированная городская центральная дорога (расстояние от плотины до дороги 500 м), что создаёт потенциальные риски. Поэтому в 2018 г. был проведён ремонт водосброса на плотине, находящегося в аварийном состоянии, за субсидированные финансовые средства из федерального бюджета.

Такая программа по ремонту гидротехнических сооружений, создающих реальные (непосредственные) риски ущербов в случае аварии на плотине либо на её водосбросе, работает в регионе. К сожалению, таких ремонтов ежегодно проводится мало. В среднем проводится 2 – 3 ремонта в год.

Вдоль реки Эртиль (Большая Эртиль) располагаются:

- в Тамбовской области Токарёвского района: д. Малый Росляй, д. Знаменка, д. Панино;
- в Тамбовской области Мордовского района: с. Александровка, с. Малая Добринка;
- в Воронежской области Эртильского района: с. Большая Добринка, г. Эртиль, п. Весёловка, п. Виноградовка, с. Ячейка, с. Сластёнка, с. Старый Эртиль.

Реку по своему течению пересекают 6 автодорог с асфальтовым покрытием, что говорит о повышенном классе моста, 3 низководных моста грунтовых пересекающих дорог реку, 1 железнодорожный мост.

### Река Курлак.

Река Курлак (в верховьях – Большой Курлак) протекает по Окско-Донской низменности, впадает в реку Битюг (170 км от устья), являясь его левым притоком. Бассейн реки занимает 709 км<sup>2</sup>, длина 78 км. В Эртильском районе своё начало получает река в месте слияния Малый Курлак и Большой Курлак в 3-х км западнее с. Большая Алексеевка Аннинского района. Свою длину река отсчитывает от истока Большого Курлака.

У реки Курлак присутствует постоянное течение на устьевом 26-километровом участке, выше река наполняется только в паводковые периоды, является пересыхающей. Этому служит причиной не только рельеф, но и зарегулированность слагающих Курлак рек: от истока Малый Курлак перегорожен 9-ю плотинами, а Большой Курлак имеет 10 ГТС в русле и

прилегающих балках. Поэтому неудивительно, что в меженные периоды течение воды по водотокам прекращается.

Ширина реки Курлак в устьевой части составляет 10 – 15 м с глубиной до 1 м. Максимальная ширина на плёсах достигает до 30 м, а глубина до 5 м. Долина реки местами заболочена. Русло реки на больших протяжениях заросло камышом, что является результатом большой зарегулированности реки (притоков) и вымывом химических биогенных веществ с полей. Земли Аннинского района на 84 % относятся к землям сельхозназначения, которые на 100 % вовлечены в сельскохозяйственную деятельность [37].

Река проходит рядом с населёнными пунктами по водотоку Большой Курлак – Курлак:

- в Эртильском районе: п. Перво-Эртиль, п. Комсомольское;
- в Аннинском районе: с. Хлебородное, с. Моховое, с. Старый Курлак, с. Новый Курлак.

Зарегулированность автодорожными мостами небольшая: реку пересекают всего лишь три асфальтированные автодороги.

#### Река Токай.

Река Токай протекает по Окско-Донской низменности, водосборная площадь реки является составной частью бассейна Хопра, впадает в реку Елань (67 км от устья), являясь её правым притоком. Бассейн реки занимает 957 км<sup>2</sup>, длина 131 км. Река начинается в Тамбовской области в солонцах у д. Рассвет. Верховья реки и входящие в русло балки полностью запруженны, поэтому река приобретает постоянный водоток после с. Полетаево. По территории Тамбовской области река протекает на протяжении 38,5 км, по территории Воронежской области – 92,5 км. В Воронежской области относится к Битюго-Хопёрскому гидрологическому району (рис. 13), протекает последовательно с севера на юг по Эртильскому, Аннинскому, Таловскому и Новохопёрскому районам.

Геологическое основание долины реки представлено ледниками четвертичными суглинками, неогеновыми песками и глинами (рис. 2).

Пойма реки покрыта лугами, преобладающая ширина пойма – 1 км, русло является извилистым. Ширина реки в нижней части реки от 10 до 20 м с глубиной 0,5 + 1,5 м. Летом река иногда пересыхает, теряясь в заросшей поймы камышом.

Долина и отчасти пойма реки Токай достаточно освоена и заселена. По ходу реки расположены следующие населённые пункты:

- 1) в Тамбовская область Токарёвского района: д. Рассвет, с. Полетаево, с. Калиновка, д. Карловка, д. Надеждина, п. Красный Токай;
- 2) в Воронежской области:
  - в Эртильском районе: п. Израильский, с. Александровка, с. Копыл, с. Ростоши;
  - в Аннинском районе: с. Дерябкино, с. Никольское, с. Архангельское, с. Островки, с. Артюшкино, п. Бабинка;

► в Таловском районе: с. Вязовка;

► в Новохопёрском районе находится устье реки Токай.

Зарегулированность автодорожными мостами существенная:

- реку пересекают 10 асфальтированных автодорог, обустроенных соответствующими мостовыми переходами;
- на реке находятся 9 низководных мостов грунтовых дорог, пересекающих её;
- на реке устроен 1 пешеходный переход.

Река является проблемной с точки зрения наличия потенциальных гидрологических рисков для селитебных территорий, например, в среднем течении реки в 1994 г. во время половодий происходили затопления жилых строений в средней части реки – в с. Дерябкино, с. Никольское, с. Архангельское; при этом в зоне затоплений оказалось около 150 подворий.

#### Река Елань.

Река Елань является правым и основным притоком реки Савала, находится в бассейне Хопра. Длина реки Елань составляет 165 км, верховья реки (25 км) находятся в Тамбовской области, а далее протекает по землям Воронежской области (145 км) по территории 4-х муниципальных районов с севера на юг: Терновскому, Грибановскому, Новохопёрскому, Таловскому.

Геологическое основание долины реки представлено ледниками четвертичными суглинками, неогеновыми песками и глинами (рис. 2).

Исток реки находится у д. Натальевка Тамбовской области, река и впадающие балки закрыты плотинами, поэтому истоком реки фактически является сбросной водоотводящий канал из протяжённого водохранилища, длина которого составляет 2,5 км. Ниже плотины по реке на удалении 1,6 км находится переход полевой дороги, где для водотока заложены водопропускные трубы, и далее, ещё через 2,7 км, сооружена вторая русловая плотина. Таким образом верховье реки полностью зарегулировано.

Всего же реку пересекают ещё один описанный переход полевой дороги, 1 низководный мост также полевой дороги, 11 мостов асфальтированных пересекающих реку дорог, 1 железнодорожный мост.

Пойма реки в основном является двусторонней, в верховьях преимущественно ровная, а в низовье реки изрезана старицами и озёрами. Ширина поймы в верховьях составляет 0,1 км, а в среднем течении и в низовьях пойма в отдельных местах достигает 3,5 км, создавая протяжённые разливы при выдающихся половодьях с глубиной до 1,5 – 2 м. Река имеет извилистое русло, преобладающая ширина которого в верхнем течении 2 м, в нижнем – 9 м. На плёсах река может достигать в отдельных участках ширины 50 м. Половодье на реке растянутое во времени, как и всех рек на востоке Воронежской области. В 1994 г. в с. Елань-Колено, когда было выдающееся половодье, в зоне затопления оказалось до 40 домов.

Последовательно река протекает по следующим населённым пунктам (перечисление представлено по ходу течения реки от истока к устью):

- 1) в Тамбовская область по Жердёвскому району: д. Натальевка;

2) в Воронежской области:

- по Терновскому району: с. Козловка;
- по Грибановскому району: с. Новоспасовка, с. Хомутовка, с. Новогольелань, с. Новомакарово, п. Новая Жизнь;
- по Новохопёрскому району: с. Подгорное, с. Ярки;
- по Таловскому району: п. Еланка Вязовского сельского поселения (в Таловском районе два посёлка Еланка), с. Знаменка, с. Абрамовка, п. Еланка Еланского сельского поселения;
- по Новохопёрскому району (река проходит с севера на юг сначала по Новохопёрскому району, затем Таловскому району, а далее опять по Новохопёрскому району): р.п. Елань-Коленовский, п. Пески, п. Студёный, п. Дмитровский, с. Елань-Колено, с. Подосиновка, п. Алексеевский, п. Еланский.

Река в низовьях испытывает тяжёлую техногенную нагрузку в результате деятельности Елань-Коленовского сахарного завода, в сезон в сутки перерабатывается более 8 тыс. тонн свеклы в сутки!

Проведённые в 1980-х гг. геологические изыскания в пойме Еланы с целью выявления перспективных рудных тел медно-никелевых месторождений дали результат: в 2012 – 2017 гг. были подтверждены месторождения со стороны ООО «УГМК-Холдинг», являющиеся целесообразными для разработки с экономической точки зрения. В 2019 г. происходит доработка проекта, в 2020 г. ожидается начало строительных работ на лицензионных участках Еланский и Ёлкинский (рис. 29) по созданию горнорудного комбината по добыче медно-никелевых руд и их обогащения.



Рис. 29 – Предполагаемые места добычи никеля в Воронежской области.

Имеется ряд научных работ, обосновывающих сложность добычи руды в поймах рек и присутствия большого объёма подземных вод в месте добычи шахтным способом. Такие природные условия сложились в местах предполагаемой добычи никеля в пойме реки Еланы [37].

Проведены водобалансовые расчёты по использованию поверхностных вод в бассейне Хопра при обогащении руды по предполагаемой технологии – будет использован метод обогащения руд флотацией. Для этого требуются большие объёмы и даже при использовании водооборотной схемы в маловодные годы объём забираемой воды может достигать 40 % из наличествующей в водотоках бассейна Хопра.

Технология флотационного обогащения руд предполагает сооружение хвостохранилищ, а это неглубокая заболоченная и протяжённая по ширине долина реки. За этим обязательно последует возникновение опасных экологических рисков, сопутствующих шламонакопителям – загрязнение грунтовых вод, пыление сухих отвалов.

В районе открытых и подтверждённых месторождений (рис. 29) на глубину предполагаемой добычи никеля залегают шесть водоносных горизонтов, включая эксплуатируемый населением горизонт подземных вод в неогеновых отложениях. Над рудным телом распространены так называемые рассолы с высоким содержанием брома и йода (до 70 мг/л) [37].

В настоящее время (весна 2019 г.) в результате подземного давления на дневную поверхность вытекают рассолы из 4-х растампонированных разведочных скважин. Уже много лет происходит излив из этих скважин; помимо того, что это рассолы, поступающие в пойму реки Елань, но данные изливающиеся подземные воды дополнительно нагружены природной радиоактивностью (излив происходит с глубины более 300-х метров). В местах излива образовались радиационные пятна с уровнем радиоактивного излучения до 0,7 мкЗв/час.

Таким образом, предполагаемая реализация проекта разработки медно-никелевых месторождений для территории бассейнов рек Елань, Савала и Хопра, да и самих рек, являются потенциально опасными с экологической точки зрения.

#### Река Савала.

Река Савала находится в бассейне р. Хопёр, являясь его правым притоком, впадая в него в Воронежской области с правой стороны на 239 км от устья Хопра.

Геологическое основание долины реки представлено ледниками четвертичными суглинками, неогеновыми песками и глинами (рис. 2).

Исток р. Савала находится выше д. Новоалександровка Ржаксинского района Тамбовской области, река образуется в результате слияния двух ручьёв из балок. В д. Новоалександровка сооружена русловая плотина. Пруд в селе растянулся почти на всю длину села, длина водоёма – 1,3 км.

Перед впадением в Хопёр р. Савала обходит г. Новохопёрск с юга и впадает в главную реку в районе с. Каменка-Садовка.

Длина р. Савала составляет 285 км, по Тамбовской области протекает от истока на расстояние по реке 116,6 км, а по Воронежской области – 168,4 км.

Бассейн реки занимает площадь 7720 км<sup>2</sup>. На водосборной площиади реки Савала располагаются 36 рек с индивидуальной длиной их более 10 км, среди которых наибольшими притоками являются: Елань, Бурначка, Осиповка, Вязовка.

Общая распаханность бассейна р. Савала составляет 70 %, на территории Воронежской области бассейн достаточно залесён, а на протяжении от Листопадовки до Новохопёрска пойма заболочена: между населёнными пунктами по прямой пойменная заболоченная территория тянется на 40 км, что влияет на режим реки. Во время половодья после прохождения пика его спад уровня воды в реке может достигать 2-х месяцев [38].

Русло реки сильно извилистое, ближе к устью разветвляется, образуя своеобразные острова, многочисленные пойменные озёра. Ширина реки изменяется, ближе к устью имеет значение от 20 до 50 м. Преобладающие глубины от 0,6 до 1,0 м, во время половодья уровень воды над меженью повышается до 3 ÷ 4 м.

Пойма реки в большинстве своём двухсторонняя луговая, местами лесистая, русло реки, как правило, обрамляет древесно-кустарниковая растительность. Пойма реки является широкой: в основе 1 ÷ 2 км, наибольшая достигает 4,5 км южнее г. Новохопёрска.

Река освоена людьми на всём её протяжении, только населённых пунктов, непосредственно примыкающих к реке в двух областях, насчитывается 49, т.е. в среднем через каждые 5,8 км чередуются населённые пункты, причём среди них много протяжённых, например, с. Троицкое Новохопёрского района Воронежской области вдоль реки простирается на 12,5 км.

Для понимания антропогенной нагрузки на реку перечислим населённые пункты, располагающиеся и влияющие непосредственно на реку:

#### 1) Тамбовская область:

► Ржаксинский район (около р. Савала находится 21 населённый пункт): д. Новоалександровка, д. Ржаксо-Семёновка, д. Вороновка, д. Ивановка, п. Чакино, д. Первое Чакино, с. Тимофеевка, д. Можайка, п. Андреевка, д. Казановка, с. Александровка 1-я, п. Пахарь, д. Карапевка, п. Семёновский, п. Новая Деревня, д. Фёдоровка, п. Чичкановский, д. Мордвиновка, д. Изобилино, д. Волхонщина, д. Бредихино;

► Жердевский район (12 населённых пунктов): с. Туголуково, д. Красная Горка, д. Дорогая, д. Осиновка, с. Чикарёвка, с. Вязовое, с. Бурнак, г. Жердевка, п. Савальский 2-й, п. Калиновка, д. Новолуговое, с. Новорусаново;

#### 2) Воронежская область:

► Терновский район (5 населённых пунктов): п. Есипово, с. Русаново, с. Братки, с. Костино-Отделец, с. Заречье;

► Грибановский район (6 населённых пунктов): с. Новогольское, с. Старогольское, д. Красовка, с. Поляна, с. Тихвинка, с. Кутки;

► Новохопёрский район (5 населённых пунктов): с. Троицкое, с. Красное, п. Некрылово, с. Русаново, р.п. Новохопёрский.

Река зарегулирована в основном мостовыми переходами, хотя, как уже говорилось, в истоке сооружена русловая плотина и имеется русловая плотина у с. Вязовое в Жердевском районе Тамбовской области для подъёма уровня воды у села в двух рукавах реки.

Реку пересекают множество дорог. В верховье чаще встречаются пересекающие грунтовые дороги, так как легче организовать переезд через маловодную реку недалеко от истока: имеется два переезда устроенных с помощью водопропускных труб и 7 низководных мостов, обеспечивающих переезд по грунтовым дорогам в меженные периоды реки. Основное количество мостов сооружено для переезда по асфальтированным дорогам, всего их 22. Реку Савала пересекают 3 железнодорожных моста.

Для Савалы также уготованы экологические потенциальные риски: по лиине реки в зоне возможного негативного влияния во время паводковых периодов (дождевых и весенних) Савала может оказаться под воздействием смыва загрязняющих веществ с территорий 7-ми животноводческих спецхозов. Рядом с рекой находятся экологически опасные перерабатывающие производства: в г. Жердевка Тамбовской области сахзавод, в с. Красное Новохопёрского района Воронежской области спиртзавод.

Экологическая чрезвычайная ситуация произошла на спиртзаводе ООО «Этанол-Спирт» в с. Красное 31.03.2013. На фоне начинающегося половодья на р. Савала произошло переполнение отстойника спиртовой барды, произошёл размыт тела ограждающей дамбы. В результате чего одна карта отстойника была опустошена и загрязнённые воды вышли в долину р. Савала. Это был не первый случай аварийной ситуации на отстойнике. В связи с этим администрация ООО «Этанол-Спирт» принимает решение о модернизации технологии утилизации спиртовой барды путём её обезвоживания, а сухую барду предполагается использовать в кормлении сельскохозяйственных животных – срок реализации проекта 2019 г. [38].

Это является примером в деле снижения антропогенной нагрузки на реки, хотя решение вопроса экологической безопасности явно затянулось, так как технология выпуска спирта из свекловичной мелассы на рассмотренном предприятии используется уже около 70-ти лет.

#### Река Карабан.

Река Карабан находится в бассейне р. Хопёр, являясь его правым притоком, впадая в него в Воронежской области с правой стороны на 361 км от устья Хопра.

Геологическое основание долины реки представлено ледниковыми четвертичными суглинками, неогеновыми песками и глинами (рис. 2).

Длина реки составляет 95 км, общая водосборная площадь – 1300 км<sup>2</sup>. В бассейне Карабана находится 7 притоков с длиной более 10 км, наибольшие из них – Сухой Карабан и Терновка. Все малые реки в бассейне за исключением Карабана пересыхают зимой и летом.

Водосборная площадь распахана на 70 % и широко используется под сельскохозяйственное растениеводство. Бассейн реки отличается отсутствием болот и сколь-нибудь протяжённых лесов.

В реку выходят многочисленные балки и овраги, количество временных водотоков, возникающих в овражно-балочной системе реки, достигает 25, т.е. в среднем через каждые 3,8 км в пойму врезана балка либо растущий овраг. Это обусловлено, в первую очередь, отсутствием залесённости в бассейне.

Ширина поймы реки Карабан изменяется по водотоку от 0,3 до 3 км, значительное изменение ширины поймы по длине реки обусловлено неравномерностью развития речных излучин, например, у с. Алешки ширина поймы составляет 0,8 км, у с. Верхний Карабан всего лишь 0,3 км, а ниже с. Народное достигает 3 км, здесь можно увидеть выступ поймы в левую часть склона долины реки. Превышение поймы над меженным уровнем в средней и нижней частях реки составляет 2 ± 3 м.

Исток реки Карабан зарегулирован на 100 % – река является по сути водоотводящим каналом русловой плотины выше п. Демьян Бедный Жердевского района Тамбовской области. Водоём на реке представляет собой протяжённое водохранилище длиной 3,8 км. Далее водоток пересекает грунтовая дорога с трубным переходом и асфальтированная дорога, ведущая в посёлок.

Всего же обнаруживается переходов асфальтированных дорог через реку с соответствующими автомобильными мостами 13, реку пересекает 1 железнодорожный мост. Мосты оказывают с дорожными дамбами-подходами к руслу реки существенное влияние на режим половодья. В 2018 г. были обследованы низководные мосты через реку Карабан в сёлах Средний и Нижний Карабан. Все они представляют серьёзное препятствие для реки как сооружения, имеющие поперечное сечение по створу перехода, а также река по ширине у мостов оказалась частично затянутой иловыми отложениями и заросшей древесно-кустарниковой растительностью и камышом:

- подходящее русло реки в районе моста с. Средний Карабан по состоянию на лето 2018 г. занесено иловыми отложениями и песком, заросло травой и камышом до 50 %, а после моста на 30 %;

- русло реки в районе моста с. Нижний Карабан по состоянию на лето 2018 г. заросло камышом перед мостом на 40 %, а после моста на 30 %.

Вдоль реки Карабан последовательно с севера на юг до впадения в реку Хопёр располагаются следующие населённые пункты:

1) Тамбовская область:

► Жердевский район (5 населённых пунктов): п. Демьян Бедный, п. Семёновка 2-я, д. Александровка 2-я, с. Ивановка, д. Сергиевка 2-я;

2) Воронежская область:

► Терновский район (6 населённых пунктов): п. Красные Выселки, д. Никитская, с. Алешки, д. Сергеевка, с. Народное, с. Поповка;

► Грибановский район (6 населённых пунктов): п. Емельяновка, с. Кирсановка, п. Верхний Карабан, с. Средний Карабан, с. Нижний Карабан, с. Васильевка.

В 1994 г. одной из причин затопления большого количества жилых домов во время половодья послужила недостаточная пропускная способность низководных мостов. В этом году весной в населённых пунктах Нижний, Средний и Верхний Карабан, Алешки и Кирсановка были затоплены до 250 жилых строений.

У реки Карабан есть гидрологическая своя особенность – наличие высокой мутности воды. Согласно проведённому зонированию бассейнов рек по мутности территории Воронежской области в конце 1970-х гг. [39], бассейн реки относится к зоне с умеренной мутностью от 100 до 200 г/м<sup>3</sup>. Согласно данным, которые были проанализированы по ранее действовавшему водомерному посту у с. Алешки в Терновском районе на р. Карабан, среднегодовая мутность составляла 510 г/м<sup>3</sup>, а в отдельные годы доходила до 180 г/м<sup>3</sup>! Соответственно большим является и расчётный твёрдый сток: за год р. Карабан переносит 24 тыс. т смытых наносов, что в пересчёте на 1 км<sup>2</sup> площади водосбора составляет 44 т, т.е. эта огромная масса грунта смыывается ежегодно с 1 км<sup>2</sup> водосборной площади.

Как результат, река Карабан спустя 50 лет после проведённых замеров и расчётов твёрдого стока заполнена наносами, сильно заросла древесно-кустарниковой растительностью и камышом.

Если говорить о возможной реновации реки (сейчас это выражение стало часто употребимым), то для реки Карабан необходимо рассматривать среди мероприятий по восстановлению прежнего состояния водотока и мероприятия по борьбе с овражной эрозией в долине реки.

#### Река Ворона.

Река Ворона является крупным правым притоком Хопра, впадает в него на 403 км от устья. Морфометрические показатели р. Ворона: длина 454 км, площадь водосбора – 13200 км<sup>2</sup>. Река протекает от истока к устью по порядку по трём областям соответственно: Пензенской, Тамбовской и Воронежской. Исток реки находится на Керенско-Чембарской возвышенности, который располагается севернее с. Веденяпино в Начелмском районе Пензенской области. Сходящиеся лесные ручьи на южной окраине с. Веденяпино дают начало реке.

Реку Ворону вполне можно назвать лесной рекой, так как большая часть долины реки в лиственных лесах; в бассейне много водоёмов около 700 озёр и водохранилищ, большое количество малых рек. Всё это накладывает на особенный режим реки. Например, в низовьях реки Ворона

в Воронежской области наблюдался уникальный случай в 2016 г.: на протяжении почти 4-х месяцев был закрыт для проезда низководный мост, соединяющий с. Большие Алабухи с с. Власовка. Дорога является единственной соединяющей село с центральной усадьбой Большешалабухского сельского поселения. В с. Власовка находится 99 домовладений, из них 74 жилых, проживают 116 чел., из них 9 детей. Второй пример, в 2018 г. произошёл трагический случай на реке: 18 мая был снесён течением трактор с прицепом, тракторист погиб, т.е. во второй половине мая на реке ещё была большая вода!

По территории Воронежской области река проходит 65,3 км. Вначале по реке проходит граница Воронежской области с Тамбовской, а затем река перед с. Большие Алабухи Грибановского района заходит в этот муниципальный район, а затем пройдя по территории района 17 км вновь становится граничной рекой, но уже внутри Воронежской области между Грибановским районом и Борисоглебским городским округом до впадения в реку Хопёр перед федеральной трассой Р-22 «Каспий» на 615-ом км её длины от Москвы. В Воронежской области р. Ворона принимает ряд притоков: Большую Алабашку (длина 60 км), Малую Алабушку (длина 25 км), Богану (длина 28 км), Грибань (длина 16 км), Чигорак (длина 11 км).

Река на больших протяжениях проходит через лесные массивы, поэтому на реке наблюдаются многочисленные карчи, поэтому во время половодья могут возникать временные затоны.

Ширина реки может достигать на отдельных участках 50 м.

Геологическое основание долины реки представлено ледниковыми четвертичными суглинками, неогеновыми песками и глинами (рис. 2). Песчано-илистое русло во многих местах подвержено боковой речной эрозии, большие размывы в населённых пунктах наблюдаются в с. Большие Алабухи и г. Борисоглебске. По данным местам организован мониторинг со стороны департамента природных ресурсов и экологии Воронежской области. Размывы в излучинах реки достаточно активен во время прохождения половодья.

На географической карте около г. Борисоглебска можно обнаружить спрятанный участок 2,1 км (рис. 30). Это следствие градостроительной деятельности, чему послужило ряд причин: с одной стороны, левый берег реки, на котором располагается г. Борисоглебск, размывался, с другой стороны, легче и дешевле оказалось было построить мостовые переходы (автомобильный и железнодорожный), примыкающие к коренному правому высокому берегу. Во время половодья на Хопре река Ворона оказывается в подпоре главной реки.

Тем не менее, процесс руслопереформирования на реке невозможен остановить, в районе ул. Прибрежной г. Борисоглебска наблюдается сильный размыв берега во время прохождения половодий.

На водосборной площади р. Ворона искусственных водоёмов немного. Вызывает беспокойство, с точки зрения наличия антропогенного давления на реку, лишь каскад прудов на б. Грибань в п.г.т. Грибановский.



- Условные обозначения:**
- селитебная территория;
  - федеральные автотрассы;
  - городские автодороги;
  - - облесённые участки;
  - ## - железная дорога;
  - ## - размываемый участок

Рис. 30 – Река Ворона в районе г. Борисоглебска.

Наиболее проблемным с экологической точки зрения сахарным заводом в Воронежской области является ООО «Грибановский сахарный завод». В начале июня 2012 г. создалась экологическая чрезвычайная ситуация в результате складирования жома в зимний период на заброшенной ферме рядом с сахзаводом, его разложением с приходом весны и поступлением продуктов гниения в балку Грибань. Вода в прудах приобрела красный оттенок. Ситуация осложнилась аварийным состоянием плотины нижнего пруда в каскаде на балке Грибань (рис. 31). В теле плотины с сухой стороны откоса наблюдался грифон (фонтанировал выпор воды через тело плотины). Поселковая администрация приняла решение о сбросе воды из пруда. Практически на следующий день был обнаружен замор рыбы в р. Ворона. Согласно предписания со стороны рыбинспекции сброс отравленной воды из пруда был прекращён, но создалась угроза возникновения гидродинамической аварии.



Рис. 31- Ситуационный план аварийной обстановки на б. Грибань в бассейне р. Ворона (по состоянию на 07.06.2012).

После проработки вопроса представителями МЧС территориального органа, региональными и муниципальными экологами было принято решение о медленном сбросе воды из пруда, исключая при этом замор рыбы. Погодные условия способствовали этому, ливневые осадки в этот период не выпадали и сброс из пруда происходил медленно. Жаркая погода также способствовала усиленному испарению воды из водоёма. В итоге чрезвычайная ситуация была преодолена.

#### Река Хопёр.

Хопёр является одним из крупнейших притоков Дона, впадает в него на 823 км слева. Протекает по 4-м субъектам Российской Федерации: начинается река в Пензенской области, затем следует по Саратовской, Воронежской и Волгоградской областям. Длина реки составляет 979 км, площадь водосбора – 61,12 тыс. км<sup>2</sup>. Хопёр является вторым притоком Дона по длине и площади водосбора после Северского Донца (1053 км и 61,12 тыс. км<sup>2</sup> соответственно).

В Воронежской области впадают в Хопёр две крупные реки Ворона и Савала, которые описаны выше.

Исток реки начинается у с. Ивановка Пензенского района Пензенской области. Водоток запружен дважды в селе по ходу реки в растянувшемся селе по берегам зарождающегося Хопра.

Но зато вся река является незарегулированной плотинами, только мостовые переходы несколько стесняют паводковый поток. Всего на реке

сооружено 23 моста для автотрасс и асфальтированных дорог, только 1 мостовой переход в начале реки в Пензенской области возведён для проезда по грунтовой дороге. На реке имеется 1 понтонный мост и 4 железнодорожных моста. Таким образом, на реке имеется 29 дорожных перехода, а это почти всегда сужение поймы до размеров русла или нескольких русел. Сделав несложный пересчёт, получим, что один дорожный переход через Хопёр приходится примерно на 34 км длины реки. Эта удельная характеристика реки показывает, что Хопёр проходит по малозаселённой территории, особенно в Волгоградской области, и пойма реки настолько широка, что население в обжитых местах предпочитало селиться с одной стороны реки. Данное обстоятельство объясняется экономической целесообразностью, так как в этом случае не требуется сооружать протяжённые переходы через реку.

Геологическое основание долины реки представлено ледниками четвертичными суглинками, неогеновыми песками и глинами (рис. 2). Сама же долина Хопра хорошо выражается морфологически: асимметрична по форме, правый склон, как правило, высокий и на отдельных участках реки может достигать высоты 100 – 150 м. По ширине долина по ходу реки увеличивается от 2 – 8 км в срединной части Хопра до 10 – 20 км в нижней его части. Пойма также обширна, что позволяет вырисовывать «коленца» в плане реки. Ширина поймы от 1 км до 6 – 8 км. На территории Хопёрского государственного природного заповедника федерального значения составляет 1,5 – 2 км.

Пойма реки достаточно разработанная, по геоморфологическим оценкам река в нынешнем виде протекает около 10 тыс. лет по окончании последнего Валдайского оледенения. На пойме хорошо различимы три её составляющие части: прирусовая, центральная и притеррасная. В прирусовой части можно обнаружить песчаные косы длиной до 0,5 км и шириной от 20 до 100 м, можно также идентифицировать прирусовые валы высотой до 2 – 3 м над меженем реки, которые чётко прорисовываются на космоснимках.

Пойма у террас часто заболочена ввиду прерывания стока с поймы во время половодья и разгрузки грунтовых вод в пойменные понижения. На пойме, при изучении географической карты и космоснимков, можно обнаружить множество озёр, только в Хопёрском заповеднике озёр и стариц насчитывается до четырёхсот. Наполняясь во время половодья, пойменные озёра к концу лета, если оно жаркое и сухое, многие усыхают; в Хопёрском заповеднике усыхают к концу лета до 80 пойменных озёр [39].

Невысокая антропогенная нагрузка на р. Хопёр позволила создать в долине Хопра природный заповедник, хотя и небольшой, но достаточно протяжённый вдоль реки – 52 км (рис. 32). Ширина заповедника соответствует примерно пойме реки – от 1,5 до 9 км. Для понимания природной гидрологической системы и фиксации её нетронутой самостоятельности в 1935 г. в Воронежской области создаётся данный заповедник в пределах трёх административных районах области: Новохопёрского (расположена центральная усадьба заповедника – п.

Варварино), Поворинского и Грибановского. Площадь заповедника 16,2 тыс. га. Заповедник расположен в основном в пойме Хопра, во время половодья затапливается до 80 % своей территории.



Рис. 32 – Карта-схема Хопёрского государственного природного заповедника федерального значения.

Сложная ландшафтная и гидрологическая структура Хопёрского заповедника – основа богатства местообитаний, богатства флоры и фауны.

Примерно 80 % земель заповедника покрыты лесами с преобладанием пойменных и нагорных дубрав восьмидесяти-столетнего возраста. Пойма Хопра стала уникальным кладезем флоры: видовой состав насчитывает около 1,2 тыс. высших растений, что ставит Хопёрский заповедник в ряд самых богатых во флористическом отношении заповедных мест Восточной Европы. Фауна также представлена уже достаточно редкими дикими животными в Европейской части России: лось, косуля, пятнистый олень,

кабан, волк, лисица, барсук, лесная куница, чего только стоит сохранение выхухоли – особо охраняемого животного заповедника. Впечатляет видовой состав птиц – из 600 видов птиц России в долине Хопра в заповеднике обитает 236, из них 23 числятся в Красной книге: орлан-белохвост, сапсан, скоп; зимуют беркут, могильник; во время пролёта можно обнаружить дрофу и стрепета.

Сохранение этой уникальной природной системы на Хопре является серьёзной задачей, которая обозначается при изучении инвестиционных перспектив для земель, окружающих заповедник. В повестке дня для Новохопёрского района стоит разработка залежей медно-никелевых руд и строительство крупных свинокомплексов [38].

#### Река Битюг.

Река Битюг является одной из самых крупных рек в бассейне р. Дон, протекающих по Воронежской области (табл. 20).

Таблица 20

Наибольшие реки, протекающие в Воронежской области  
в бассейне р. Дон

Название реки	Длина реки, км	Площадь бассейна, тыс. км <sup>2</sup>	Средний расход реки, м <sup>3</sup> /с
Воронеж	342	21,6	73
Битюг	379	8,84	19,6*
Ворона	454	13,2	41,5
Хопёр	979	61,12	150

Примечание: \* – средний расход р. Битюг у г. Боброва.

Битюг занимает третье место по длине (табл. 20), но бассейн является самым малым, о чём свидетельствует средний расход реки: он меньший, чем у других рек, приведённых в таблице, однако, Битюг имеет важнейшую природную значимость для центральной территории региона – река и её бассейн являются гидрологическим ресурсом для получения больших урожаев (табл. 21).

Таблица 21

Производство сельскохозяйственных культур в бассейне р. Битюг в 2017 г.

Вид выращиваемых с/х культур	Показатель	Административный район			
		Эртиль-ский	Аннин-ский	Бобров-ский	Павлов-ский
зерновые и зернобобовые	Убранная площадь, га	37051	60779	50029	54921
	Валовый сбор, тыс. т	157,26	265,1	224,1	214,9
	Урожайность с 1 га, ц	42,4	43,6	44,8	39,1
Подсолнечник	Убранная площадь, га	10654	20066	10919	13500
	Валовый сбор, тыс. т	23,0	45,1	23,2	24,6
	Урожайность с 1 га, ц	21,6	21,2	25,3	18,3
Сахарная свекла	Убранная площадь, га	8867	10489	5148	999
	Валовый сбор, тыс. т	472,6	562,3	247,1	437,6
	Урожайность с 1 га, ц	532,9	536,1	480,0	437,6

Река по Воронежской области протекает по территориям Эртильского, Аннинского, Бобровского и Павловского районам.

Как видно из табл. 21 наименьшие урожаи составляют в Павловском районе, что говорит о менее плодородных почвах в этом районе и меньшей их обводнённости.

Река Битюг протекает по трём областям: Тамбовской, Липецкой и Воронежской. По Воронежской области река течёт 263 км (69,4 % от всей длины), впадает в Дон с левой стороны на 1197 км от его устья (рис. 33).



Рис. 33 – Средний и Нижний участки Битюга.

На водосборе Битюга насчитывается 40 рек длиной более 10 км и 68 временных и постоянных водотоков меньшей длины; озёра в основном пойменные, их 443 с суммарной площадью 9,33 км<sup>2</sup>. Наиболее крупными притоками Битюга являются:

► впадающие в реку слева: Эртиль (92 км), Курлак (78 км), Чигла (75 км), Тишанка (56 км);

► впадающие в реку справа: Тойда (63 км), Чамлык (54 км), Матрёночка (51 км), Плоскуша (37 км).

Река Битюг относится к двум гидрологическим районам: Битюго-Хопёрскому и в южной части к Подгоренскому.

Геологическое основание долины реки представлено ледниковыми четвертичными суглинками (рис. 2).

Долина Битюга широкая, местами достигает ширины до 15 км. Река протекает по разработанному днищу долины, часто петляя в пределах широкой разработанной поймы. Это придаёт природное своеобразие реке и создаёт проблему при сооружении дорожных переходов через неё. Например, дорожные переходы у г. Анны, г. Боброва привели к заболачиванию поймы выше мостов. В этих местах пойма имеет ширину 3,5 + 4,5 км, перекрыта дорожными подходами к мостам, которые представляют глухие дамбы, не переливающиеся даже во время выдающихся паводков (с 1 % обеспеченностью), что привело к заболачиванию Битюга, изменению режима реки особенно в периоды паводков. В конечном итоге заболачивание оказывается в припойменной зоне, где проживает население. Отсюда многочисленные жалобы людей о подтоплениях и затоплениях во время половодья.

Понимая деградацию реки, региональная власть предпринимает попытки, к сожалению, пока лишь административные, сохранить природную привлекательность Битюга. В Воронежской области на реке созданы гидрологические памятники природы (перечислены по ходу реки):

1) от с. Эртиль до с. Щучье протяжённостью 7 км;

2) от п.г.т. Анна до с. Верхняя Тишанка протяжённостью 10 км;

3) у г. Боброва озеро Лебяжье, северо-восточнее ст. Дугинка. Охраняемым памятником природы является пойменное озеро, из название которого следует его природная значимость – место гнездования птиц;

4) Вислинский затон в пойме р. Битюг, в 6 км к северо-западу от оз. Лебяжье, около кордона Вислый. Это старица реки длиной 200 м, сообщающаяся с водотоком в нижней части. Исключительное природное место: на надпойменной террасе стоят двухсотлетние сосны, к воде спускается песчаный пляж, на водной глади плавают кубышки и кувшинки.

У р. Битюг по длине выделяются три характерных участка [19].

Верхний (участок начала реки) принято выделять от устья до впадения в Битюг реки Эртиль, по длине он составляет 150 км.

Река Битюг начинается в 7 км юго-западнее п. Николаевка Токаревского района Тамбовской области. Как часто бывает на Черноземье, исток зарегулирован каскадом русловых плотин. В каскаде пять прудов по

течению реки: три перед п. Николаевка, один перед д. Александровка и ещё один в сооружён на реке в самой этой деревне. Ниже по реке имеется ещё две русловые плотины в Тамбовской области, что говорит о малой водности Битюга в его верховьях.

Средний участок, как уже говорилось, начинается от устья р. Эртиль и заканчивается у с. Мечётка (рис. 33), протяжённость его 179 км. Река на этом участке проявляется во всей красе, реку окаймляют пойменные леса. Характерный признак среднего участка – широкое русло, замедленная скорость течения воды, наличие пойменных озёр.

Нижний участок Битюга – от с. Мечётка Бобровского района до устья, впадающего в реку Дон (рис. 33), относится к Подгоренскому гидрологическому району, здесь Окско-Донская равнина переходит в Калачскую возвышенность. На этот участок Битюга влияет Дон во время половодья, оказывая подпор вверх по реке на расстояние 30 – 40 км в зависимости от обеспеченности половодья.

Битюг, почти протекая с севера на юг по территории Воронежской области, стал естественным препятствием для транспортных коммуникаций, направленных вдоль реки Дон по направлению «Москва – Юг» и «Воронеж – Восток».

Всего пересекают р. Битюг пять раз автотрассы (два раза Р-193, Р-298, «Бобров – Таловая», М-4), семнадцать асфальтированных дорог. В наиболее узких местах (в первую очередь в верховьях реки) устроены мостовые переходы для грунтовых дорог – их девять, в п. Мордово имеется пешеходный переход.

Автотрассы имеют протяжённые мосты, наибольший из них у г. Боброва, длина которого 350 м. Здесь через реку проходит автотрасса областного значения «Бобров – Таловая». Городское поселение г. Бобров через реку имеет в своём составе пригороды п. Дугинка и п. Лушниковка, не являющиеся самостоятельными поселениями согласно административно-территориального деления.

Весной 2018 г. дома, находящиеся у реки в самом г. Боброве и в посёлках Дугинка и Лушниковка оказались в затоплении. При этом как местным жителям так и органам городской и районной власти было очевидно влияние автотрассы, перекрывающей пойму на большом протяжении (рис. 34). Ширина поймы по створу автотрассы достигает 3 км, а отверстие мостового перехода составляет 350 м (рис. 34).

До 1972 г. к г. Боброву подходила дорога со стороны п. Лушниковка (автотрасса «Бобров – Таловая») немного севернее позже сооруженной автодороги (рис. 35), причём автодорога имела три мостовых перехода, два через рукава Битюга у г. Боброва, и один мост ближе к п. Лушниковка. По этому (у п. Лушниковка) и шёл основной паводковый поток Битюга во время половодья – по прямой поток при выходе на пойму, что естественно, при этом существенного подпора реки не создавалось. Относительно устоявшихся уровней половодья и происходила застройка прибрежных улиц в г. Боброве и в п. Лушниковка. В этом была проявленна мудрость

жителей и создателей дороги к г. Боброву с центральной и восточной частей области.



Рис. 34 – Ситуационный план созданной ГПТС на р. Битюг у г. Боброва.

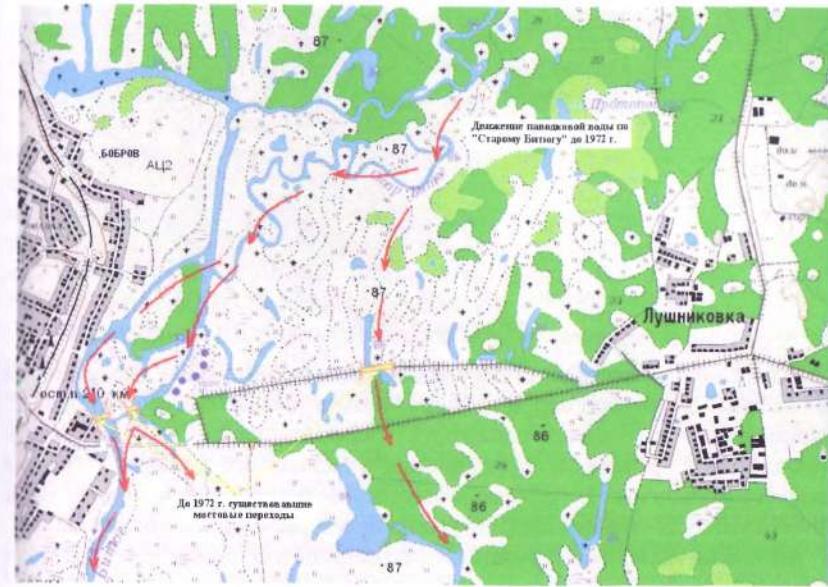


Рис. 35 – Гидрологическая ситуация у г. Боброва до 1972 г.

Пришло время модернизации дорог, а именно, перехода на более скоростные и с улучшенным пропуском машинопотока, т.е. потребовалось повышение класса автодороги и её категории [40], как следствие, повышение водопропускной способности мостов [41].

В 1972 г. разрабатывается проект переустройства дороги. Для оптимизации затрат, как представляется, было принято решение о сооружении только одного моста но с увеличенным отверстием для водопропуска – длина моста 350 м (рис. 36). Дорожные строители старую дорогу не разобрали. Напротив моста был создан скважинный водозабор на насыпной площадке с целью исключения затопления оголовков скважин и оборудования водозабора, сооружена подъездная дорога, а в тело «старой» дороги был уложен магистральный водовод для п. Лушниковка.

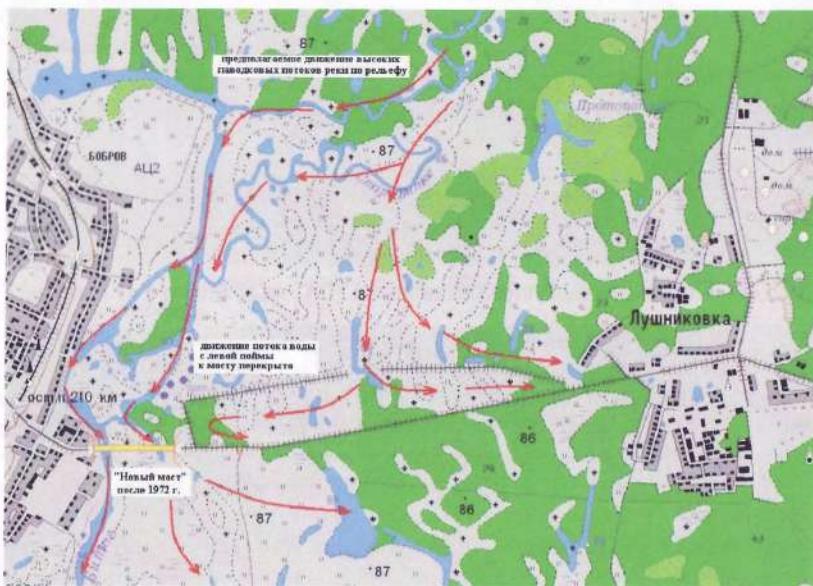


Рис. 36 – Гидрологическая ситуация у г. Боброва во время половодья в половодье 2018 г.

Эта гидрологическая ПТС функционировала без особых нареканий на протяжении около сорока лет, лишь только недовольство жителей п. Лушниковка на заболачиваемость прилегающей территории и периодические затопления придворовых участков всё больше и больше вызывали озабоченность у органов местной и региональной власти. Была попытка хоть как-то исправить ситуацию путём расчистки Битюга в 2014 г., но это лишь несколько улучшило рекреационную привлекательность в районе городских пляжей реки.

Между тем рассматриваемый мост стал опасным для проезда автомобилей по прошествии более чем сорока лет, стали разрушаться пролёты и опоры моста. В 2016 г. автомобильный мост через реку Битюг у г. Боброва подвергся капитальному ремонту, для чего был разработан проект капитального ремонта моста. В рамках проекта были проведены гидрологические изыскания. Из технического отчёта очевидно, что перед разработчиком была поставлена задача обосновать отсутствие влияние автодороги и моста на возникший подпор воды реки перед мостом. Створ подмостового пространства под мостом у г. Боброва через реку Битюг рассматривался выше на рис. 7.

В итоге гидрологических изысканий названа основная причина подпора:

«Остатки старой насыпи дороги и отверстие бывшего пойменного моста в ней, территория водозабора выше реконструируемого моста, перекрывающая часть его отверстия, незатопляемая дорога к водозабору препятствуют движению потока воды с левой поймы. Весь этот комплекс создаёт условия для дополнительного подпора выше моста».

Согласно проведённым расчётом был пересмотрен уровень 1 % обеспеченности половодья и повышен на 65 см, что и было реализовано при реконструкции моста.

Обоснование причины подпора основано на гидрологических данных, измеренных на водострую (высота уровня воды и расход воды) в разные годы до строительства новой дороги и после.

Подпор воды очевиден, но причина подпора – нет. Чтобы удостовериться в истинной причине подпора требуется воспользоваться гидродинамической моделью исходя из реальных морфометрических показателей поймы и имеющихся проток. За 46 лет, что бесспорно, произошли русловые преобразования (переформирования) как меженного потока, так и предполагаемого паводкового. Вполне возможно, что даже при создании отверстия в дороге в прежнем створе и шириной старого моста 130 м река по старому руслу может и не потечь. То есть главному инженеру проекта требовалось в инженерных изысканиях предусмотреть морфометрические изыскания поймы, чтобы установить реальное функционирование гидрологической ПТС мостового перехода.

Половодье 2018 г. обострило проблему до «нельзя». В 2019 г. данный вопрос был изучен и пока только концептуально озвучен для органов власти: единственный путь решения проблемы затоплений – возведение защитной дамбы для п. Лушниковка вдоль Битюга до самой дороги. В принципе это несложно сделать. Длина дамбы не превысит 1,3 км и высотой 2÷3 м в зависимости от понижений рельефа.

В качестве вывода по рассмотренной гидрологической ситуации: созданные на отдельных участках гидрологические природно-технические системы (ГПТС) со временем деградируют (техногенная составляющая ГПТС), если их своевременно не ремонтировать (текущий и капитальный

ремонты), и постепенно преобразуются в новое природное состояние: образуется заболоченный участок, образуется пойменное озеро, изменяются границы весенних затоплений, изменяется направление водотока, образуется прорва, или наоборот, водоток становится временным, вплоть до исчезновения реки.

#### Река Чигла.

Зарождается река непосредственно в с. Козловка Бутурлиновского района. Село находится на северо-западном склоне Калачской возвышенности, поэтому река Чигла течёт в сторону понижения рельефа к Битюгу почти с юга на север, впадая в него с левой стороны в 132 км от устья у с. Старая Чигла Аннинского района (правобережье Битюга). Длина реки Чигла составляет 75 км, река протекает вначале по Бутурлиновскому району – через с. Козловка и с. Озерки, а затем всё время протекает по Таловскому району: сквозь с. Орловка, мимо п. Верхняя Орловка, п. Первомайский, п. Михайловский, п. Вознесеновка, п. Покровский, п. Геогиевский, п. Воскресенский, через с. Новая Чигла и мимо п. Веденский.

Геологическое основание долины реки представлено ледниковыми четвертичными суглинками (рис. 2).

Чигла считается самым большим притоком Битюга по площади водосбора, который составляет 1340 км<sup>2</sup>. Уклон реки, ниспадающей с Калачской возвышенности, является достаточно высоким – 1,2 %. Бассейн реки находится в преобразованной части степи в XX веке – здесь расположен Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Центрально-Черноземной полосы имени В.В.Докучаева, расположенный на территории преобразованной Каменной степи. Территория Таловского района, подвергшаяся мелиоративным преобразованиям, распахана почти на три четверти, что отклинулось на состоянии реки. Чигла сильно заросла в результате поступления в неё биогенных химических веществ на протяжении многих десятилетий. Этому способствует большая зарегулированность территории плотинами, только в Таловском районе их 227 (по данным районной администрации), имеются мостовые переходы с малой пропускной способностью.

Антропогенное воздействие на реку крайне высокое, начиная от истока и практически до устья. По селу Козловка Бутурлиновского района на протяжении 4,5 км, фактически от истока, река перекрыта восемью небольшими плотинами, реку в селе пересекает одна грунтовая дорога с трубным водопропуском.

Далее от с. Козловка до с. Озерки также Бутурлиновского района река запружена четырьмя плотинами на протяжении 11 км.

В с. Озерки создано 6 подпоров в виде земляных дамб, по гребням трёх из них проходят автодороги.

Буквально через 1 км за с. Озерки следует с. Орловка Таловского района. И здесь такая же история. Создано два подпора у реки, по гребню одного проходит автодорога. По селу ещё создано три автодорожных

перехода. В селе переходы через реку, как правило, перегораживают фактически всю пойму в целях уменьшения затрат при строительстве перехода.

Далее за с. Орловка реку пересекает мост асфальтированной дороги с полностью заросшим руслом вблизи мостового перехода. У п. Первомайский пересекает ещё одна автодорога и железнодорожный мост. Далее до устья реку ещё пересекают три асфальтированные автодороги.

В 2018 г. на территории области были обследованы низководные мосты с целью анализа их водопропуска по итогам выдающегося половодья, произошедшего в этом году в Воронежской области. На реке Чигла в Таловском районе был обследован мост в Новоочигольском сельском поселении (территориального подразделения «Вознесеновское»), направление «Таловая – Вознесеновка – Воскресенский», расположен в 0,4 км северо-западнее между п. Вознесеновка и п. Покровский.

Автодорожный мост находится в региональном ведении.

В 2018 году во время половодья на 04.04.2018 был затоплен, перелив составлял 40 см, максимальный перелив был отмечен 4 апреля на отметке 40 см, 10 апреля был снят с учёта как затопленный.

Мост железобетонный, с асфальтовым покрытием, опоры бетонные свайные, присутствуют поручни (съёмные на болтах высотой 125 см, не снимались на время половодья) и дорожные ограждения (высотой 70 см).

Расстояние от межени до верхнего среза моста (поверхности) 7.11.2018 составляло 100 см.

Расстояние от нижней части моста до уровня межени (в свету) равнялось 50 см.

Толщина перекрытий моста – 50 см; длина моста – 41,2 м; ширина моста – 9,5 м; опоры бетонные свайные – 2 шт.

Подходящее и отходящее русла к мосту на 80 % заросло камышом. Пропускная способность моста нарушена на 70 %. Дорожные отбойники, которые не снимаются во время половодья, также вносят существенную цену на паводковый режим (препятствуют водопропуску через мост). По косвенным признакам (краска не нарушена) можно утверждать, что на время половодья поручни не снимались.

Таким образом, в важнейший режим реки – половодье – река фактически в этом месте перекрыта почти глухой дамбой в виде мостового перехода с крайне низкой пропускной способностью. Как результат, дно моста ещё больше забивается карчами, сорванным камышом, русло перед мостом заливается, река всё больше и больше деградирует. Местные власти разводят руками, региональные – лишь фиксируют данную проблему.

## 2.6. Геоэкологическое состояние рек Чёрнокалитвинского гидрологического района.

### Река Потудань.

Река Потудань берёт начало в Белгородской области. Истоки реки зарегулированы крупными водохранилищами. Река Потудань является результатом смыкания трёх рек Боровая Потудань (на атласе Воронежской области [42] – Потудань), Грязная Потудань и Скупая Потудань (притекает из Нижнедевицкого района Воронежской области). Истоки двух находятся в Белгородской области. Все три реки и примыкающие крупные балки зарегулированы, плотины образуют водохранилища. В бассейне реки находится 15 крупных водоёмов. Это сказывается на режиме реки. Населённые пункты после возведения плотин практически не затапливаются, хотя расчётные зоны затопления имеют: 13 населённых пунктов в Острогожском и Репьевском районах.

Согласно данным департамента природных ресурсов и экологии Воронежской области длина реки составляет 100 км, из них 60,5 км река протекает по Воронежской области; бассейн реки составляет 2180 км<sup>2</sup> [39]; впадает в Дон на 1317 км от устья.

Водосборная площадь реки Потудань находится на Среднерусской возвышенности Чёрнокалитвинского гидрологического района. Геологическое основание долины сложено ледниками суглинками, песками и глинами палеогена, мела и мергеля верхнего мела (рис. 2).

Пойма реки сильно заболочена, на водосборе площадь болот составляет 40 км<sup>2</sup>. В XX веке в пойме проводились широкомасштабные осушительные работы, остатки пяти мелиоративных систем можно ещё обнаружить на космоснимках, мелиоративные каналы нанесены на географическую карту [42]. В 2019 г. было проведено обследование этих мелиоративных систем (рис. (37)). В последние два десятка лет мелиоративные каналы не расчищаются, заросли древесно-кустарниковой растительностью, хотя ещё свою функцию выполняют: грунтовые воды понижены, на полях успешно высаживают сельскохозяйственные культуры растениеводства.

У с. Репьевки в 1963 г. русло реки было спрямлено, возведена малая гидроэлектростанция. Летом в 2019 г. по заявке администрации Репьевского муниципального района было проведено комиссионное обследование реки Потудань около с. Репьевка на предмет улучшения рекреационного потенциала реки – река сильно заросла древесно-кустарниковой растительностью, камышом и иной водной растительностью. Происходит общая деградация реки ввиду высокой зарегулированности гидрологической сети бассейна и общим антропогенным воздействием, например, во время комиссионного обследования летом 2019 г. в пойме реки Ланин (приток Потудани) было обнаружено складирование навоза овцеводческого хозяйства расположенного ниже плотины пруда у х.

Прудовый в пойме р. Муравка, впадающей слева в р. Потудань у с. Усть-Муравлянка.

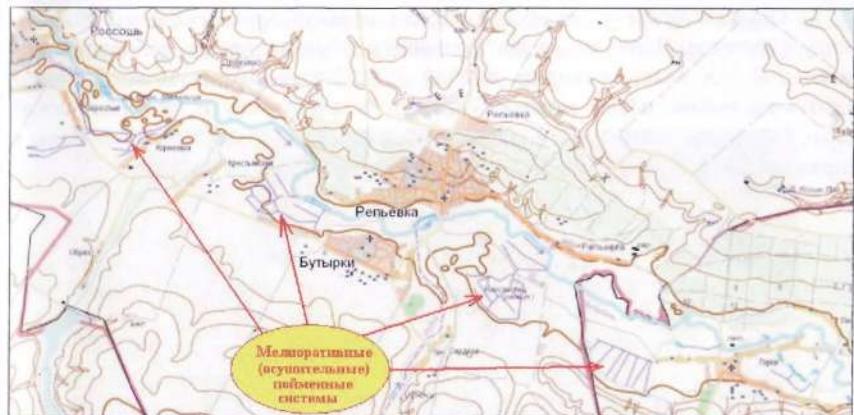


Рис. 37 – Осушительные мелиоративные системы в пойме р. Потудань.

### Река Тихая Сосна.

Река Тихая Сосна протекает по двум областям: начинается в Белгородской области – длина 97,3 км, далее протекает по Воронежской области – длина 63,7 км; общая длина реки – 161 км; бассейн – 4350 км<sup>2</sup>; впадает в Дон с правой стороны на 1299 км от устья.

Истоком реки, по существу, является водоотводящий канал из водохранилища, расположенного в с. Покровка Волоконовского района Белгородской области. Водохранилище перепреживает выход двух мощных балок, где объединяются два временных водотока.

Тихая Сосна протекает с юго-запада на северо-восток с приближением к широтному направлению, что обусловило в конечном счёте морфологические особенности долины реки. Она имеет асимметричный характер. У г. Алексеевка в Белгородской области более крутым бортом долины является левый, на нём выступают меловые отложения. Здесь долина слева по ходу реки перерезана оврагами и балками. В Воронежской области у с. Нижний Ольшан обнаруживается более крутым правый склон долины; перед г. Острогожском является крутым левый склон; за г. Острогожском – крутой правый склон долины до входа её в общую долину Дона.

Геологическое основание долины сложено ледниками суглинками, песками и глинами палеогена, мела и мергеля верхнего мела (рис. 2), о чём свидетельствуют многочисленные выходы на дневную поверхность меловых отложений.

Тихая Сосна имеет в большинстве своём чётко очерченную пойму, имея ширину в плане: в верховье – 100 ÷ 300 м; на срединном участке реки у с. Рыбное – до 1 км, имея в отдельных местах уширения до 5 ÷ 6 км; на

выходе реки в Дон ширина поймы достигает 8 км. Пойма также отличается своей характерностью: на пойме наблюдаются множественные останцы первой надпойменной террасы, у г. Острогожска обнаруживается их 7 [39].

Геологические и морфологические особенности основания долины реки и подпор Дона во время половодья обуславливают заболачивание поймы. В XX веке, очевидно, в 1960 – 1970-е гг. велась мелиоративная работа на пойме, о чём можно судить по космоснимку и географической карте [42] (рис. 38). Были отрыты многочисленные осушительные каналы и спрятано русло реки Тихая Сосна на протяжении около 6 км.



Рис. 38 – Расположение мелиоративных (осушительных) и автодорожных инженерных сооружений в пойме р. Тихая Сосна. На рисунке изображены красным цветом цифрами: 1 дамба, 2 – низководный мост, 3 – мелиоративная осушительная система, 4 – спрятанные участки русла р. Тихая Сосна.

Что интересно, осушительная система позволила ввести в оборот земель около 2400 га, однако, в дальнейшем поперёк устьевой поймы возводится дамба по гребню которой проходит дорога для автомобильного сообщения ниже оросительной системы длиной 5 км с низководным мостом через реку Тихая Сосна около железнодорожной станции Копанище. Данная дорога позволяет улучшить автомобильное сообщение между соседними с. Коротояк и п. Луки в Острогожском районе (рис. 38). Решение о строительстве этой автодороги, очевидно, принималось без учёта негативных экологических последствий, которые видны, как говорится, невооружённым взглядом. Во время разлива Дона устье реки Тихая Сосна

заполняется донской водой, возникает подпор для Тихой Сосны. Сход воды через низководный мост, расположенный в правом плече устья, бесспорно, не позволяет быстро освободить обширную пойму от паводковой воды. С годами происходит заболачивание земель. В итоге, в настоящее время поступают многочисленные жалобы от населения в адрес властей с просьбой о расчистке реки Тихая Сосна (рис. 39).



Рис. 39 – Забитое русло сорванным камышом перед низководным мостом через реку Тихая Сосна в районе ж/д станции Копанище.

В результате строительства дамбы поперёк поймы реки Тихая Сосна мелиоративная система фактически выключилась из работы осушения. Это наглядный пример неучёта гидрологических факторов влияния на процессы, происходящие в долинах рек.

#### Река Ольховатка.

Река Ольховатка является региональной рекой, протекает только по Воронежской области, исток которой находится в Каменском районе на входе в село Ольхов Лог. Село начинается в выходной части одноименного протяжённого лога (длина до 9 км), располагаясь дальше с обоих сторон начала реки.

Река является левым притоком Чёрной Калитвы (впадает в 84 км от устья реки). Река протекает вдоль меловых обнажений в овражно-балочной системе Донского Белогорья. Водосборная площадь реки Ольховатка ( $710 \text{ km}^2$  [19]) находится на Среднерусской возвышенности Чернокалитвинского гидрологического района. Геологическое основание долины сложено ледниковыми суглинками, песками и глинами палеогена, мела и мергеля верхнего мела (рис. 2).

Длина реки, согласно гидрологическим сведениям из инвестиционного паспорта Ольховатского района, составляет 41,8 км. А согласно данным департамента природопользования и экологии Воронежской области, данным географического факультета ВГУ [19]

длина реки составляет 40 км. Столь существенное различие в данных (различие в 4,5 %) объясняется давно не проводимыми морфометрическими и гидрологическими изысканиями по рекам Воронежской области. Возвращаясь к реке Ольховатка: по одним данным река начинается на входе в село Ольхов Лог, по другим – на выходе из этого села. Дошло в регионе до того, что при рассмотрении судами дел о водопользовании нанимаются эксперты для идентификации водотоков, либо комиссионно компетентными организациями идентифицируется исток реки.

У реки Ольховатки всего лишь три небольших притока без названия, больший по длине впадает справа у х. Рыбный Ольховатского района, длина его 13 км. Скудость притоков объясняется местом нахождения рассматриваемой реки: протекает по возвышенности, прорезанной долиной, не обеспечиваясь при этом широким водосбором.

На своём пути река оказывается в зоне влияния 20 населённых пунктов: населённые пункты следуют один за другим, в среднем через каждые 2 км, что говорит о значительной антропогенной нагрузке на реку. Перечислим населённые пункты по следованию водотока от истока к устью:

- Каменский район: с. Ольховый Лог, х. Орехово, х. Воронец;
- Ольховатский район: х. Кирьянов, слобода Юрасовка, п. Ленина, х. Рыбный, х. Андриановка, х. Новомосковский, слобода Карайщик, х. Крюков, слобода Новокаряшник, слобода Новохарьковка, п. Раковка, п. Новокулишовка, п. Кулишовка, п. Саловка, п. Бугаёвка, р.п. Ольховатка, п. Заболотовка.

Через реку для сообщений организовано 14 переходов, в верховье 4-е трубных (под переездом заложены трубы для водопропуска), остальные 10-ть – мостовые. Около х. Крюков организован подпор реки в виде невысокой русловой плотины с транзитным водопропуском и переездом через верх.

Пойма реки существенно заболочена, на водосборе площадь болот составляет 2,3 %. На пойме в верховье реки по космоснимку видны остатки мелиоративных осушительных работ в виде спрямлённых русел (от истока к устью): у слободы Юрасовка спрямление составляет 0,66 км, у п. Ленина – 0,9 км, у х. Рыбный – 1,6 км.

Пойма реки имеет тенденцию к заболачиванию по природным причинам и вследствие антропогенного давления на реку. Природные причины свойственны рекам Донского Белогорья: прорезанная Среднерусская возвышенность глубоко врезанными долинами рек, а это типично также и для рек Россось и Чёрная Калитва, дренируется посредством многочисленных выходов родников, воды которых, упираясь в малопроницаемые геологические грунтовые горизонты (глина, мел, мергель верхнего мела), образуют зоны застоя поверхностных и подземных вод, происходит заболачивание. К этому добавляются некоторая зарегулированность рек и типичные загрязнения для сельскохозяйственных территорий и сельских населённых пунктов, что в свою очередь служит более быстрому застанию поверхностных водоёмов и водотоков.

Реку пытаются периодически чистить, производя при этом дноуглубление, корчёвку деревьев и срезку болотной и кустарниковой растительности. Последние такие работы по расчистке реки проводились в 2012 г., но всего лишь на участке 2,1 км у р.п. Ольховатка.

На водосборной площади реки Ольховатка практически отсутствуют более менее крупные пруды и водохранилища, на карте их нет [42]. Одна из причин – большая закартированность территории. Попытка их возведения не привела к успеху, почти все фильтровали через днища чащ водоёмов, ранее, в начале 1990-х гг. в бассейне реки было 12 прудов [19].

#### Река Россось.

В верховьях реки, в Подгоренском районе до Россошанского района, реку называют Сухая Россось, что соответствует географической карте [42]; хотя в официальных документах Россошанского района, например, в инвестиционном паспорте муниципального района всю реку называют Сухая Россось [43].

Река Сухая Россось зарождается немногим выше х. Сухая Россось Подгоренского района в овражно-балочной системе. Водосборная площадь реки (1570 км<sup>2</sup>) находится на Среднерусской возвышенности Чернокалитвинского гидрологического района. Геологическое основание долины сложено ледниковыми суглинками, песками и глинами палеогена, мела и мергеля верхнего мела (рис. 2). Верхний участок реки находится в возвышенной части Донского Белогорья; средние высоты бассейна водосбора здесь на уровне 180 м БС, а уклон скатаивающегося водотока значителен – 2,2 %. Очевидно, название реки Сухая Россось соответствует фактическому водотоку, так как при таком уклоне полноводность малой реки становится проблематичной.

Река имеет пять притоков (10 км, 26, 28, 38 и 48 км), что интересно, один приток называется Гнилая Россось (28 км) – протекает по Подгоренскому району и впадает в главную реку у х. Петропавловка. Водосборная площадь реки составляет 1570 км<sup>2</sup>, длина – 70 км. Река Россось является левым притоком Чёрной Калитвы (место впадения у г. Россось, 59 км от устья).

Река в большей части протекает с севера на юг, приобретая своё название Россось уже входя в Россошанский район в районе с. Покровка. И так, река проходит по двум муниципальным районам Воронежской области находясь вблизи следующих населённых пунктов (населенные пункты перечислены по ходу реки от истока к устью):

- Подгоренский район: х. Сухая Россось, п. Сагуны, х. Скорынин, х. Медведевка, х. Белореченский, х. Красюковский, х. Большая Дмитровка, х. Шедрин, слобода Подгорное, п.г.т. Подгоренский, х. Луговой, х. Никольский, х. Петропавловка, х. Гальский, х. Суд-Николаевка, х. Покровка;

- Россошанский район: с. Поповка, х. Кокоревка, п. Начало, г. Россось.

В среднем населённые пункты чередуются по реке через 3,5 км (условные их центры), этот показатель существенно выше, чем у реки Ольховатка (в 1,75 раза), что говорит о незначительном антропогенном воздействии со стороны селитебных территорий.

Региональной уникальной особенностью реки Россось является то, что река практически протекает вдоль железной дороги Каменка-Подгоренский-Россось. Бассейн реки разрезается надвое: правобережная часть для стока свободна, лишь населённые пункты в большинстве расположенные вдоль реки справа (в любом случае почти все селитебные территории находятся до железной дороги) препятствуют свободному стеканию паводковых стоков; слева от себя по ходу реки железная дорога должна весь сток пропускать через водопропуски в реку. Слив воды с локальных водосборов через водопропуски естественно существенно задерживается, перераспределяется: переходит в грунтовые воды, остаётся в локальных углублениях в рельефе, в дальнейшем испаряясь, и другие причины. Железная дорога вдоль правобережья реки проходит на протяжении около 50 км (70 % от всей длины реки), только мостовых переходов через водотоки (в большинстве своём временные) 10; два моста через реки: один через левобережный приток у х. Суд-Николаевка в Подгоренском районе, один через реку Россось перед впадением в реку Чёрная Калитва в г. Россось.

Влияние на общий сток с бассейна железной дороги по всей длине реки до настоящего времени не исследовано. Хотя присутствие такой проблемы очевидно, но далее, чем проведение расчётов по локальным гидрологическим ситуациям на водопропусках железной дороги не происходит [44, 45, 46].

Указанное влияние железной дороги на гидрологическую ситуацию относительно водосбора обнаруживается на Среднерусской возвышенности порой неожиданно в отдельных обжитых местах: в 2018 г. столкнулись с высоким уровнем грунтовых вод как раз под железной дорогой (по рельефу) при капитальном ремонте строительного объекта (здания), проявлении многочисленных оползней в р.п. Каменка.

Дополнительно, некоторую запруженность создают 15 мостовых переходов через реку Россось на всём её протяжении.

Остальные показатели характеристики реки схожи с рекой Ольховатка: отсутствие заметного прудового хозяйства, заболоченность в нижней части реки.

#### Река Чёрная Калитва.

Река Чёрная Калитва является одним из самых значительных притоков, стекающих в Дон в правобережной его части со Среднерусской возвышенности. Река располагается в двух областях – Белгородской (57,6 км) и Воронежской (104,4 км). Впадает в реку Дон с правой стороны (1105 км от устья) у с. Новая Калитва Россосанского района. Полная длина реки – 162 км, площадь водосбора составляет 5750 км<sup>2</sup>. Река Чёрная Калитва берёт своё начало у х. Власов Алексеевского района Белгородской области. Буквально

ниже хутора сооружена русловая плотина для образования пруда, однако, зарегулированность реки и бассейна незначительны по аналогичным причинам как и для рек Ольховатка и Россось. Геологическое основание долины сложено ледниковыми суглинками, песками и глинами палеогена, мела и мергеля верхнего мела (рис. 2).

В реку Чёрная Калитва впадают 11 рек. Наибольшими притоками являются левые, впадающие в Воронежской области: р. Россось (59 км от устья Чёрной Калитвы) и р. Ольховатка (84 км от устья).

Река в гидрологическом отношении была неплохо изучена и описана [39] по состоянию на начало 1980-х гг. В настоящее время гидрологических изысканий по реке не делалось. То, что делается в 2019 г. при выполнении регионального технического задания по определению зон затопления и подтопления рек Воронежской области изысканиями назвать нельзя. Далее камеральных работ подрядчики не идут, ограничиваясь пересмотром материалов прошлого века, космоснимками и авиаоблётаами рек, утверждая при этом, что авиаоблёты полностью заменяют морфометрические изыскания.

- Ольховатский район: х. Ясиновка, х. Назаровка, п. Забочевка, слобода Марьевка, х. Гвоздовка, слобода Марченкова, п. Загирянка, р.п. Ольховатка, п. Заболотовка, п. Большие Базы, п. Малые Базы, х. Ремезово, слобода Шапошниковка, х. Песчаный;

- Россосанский район: с. Архиповка, п. Совхоза Россосанский, г. Россось, с. Подгорное, х. Артёмово, х. Нагорное, с. Морозовка, с. Колбинка, с. Евстратовка, х. Малая Меженка, с. Терновка, х. Голубая Криница, х. Новая Мельница, х. Лощина, с. Старая Калитва, с. Новая Калитва.

В среднем населённые пункты чередуются по реке через 3,4 км (условные их центры), что говорит о незначительном антропогенном воздействии на реку Чёрную Калитву со стороны селитебных территорий как и реки Россось. Однако река протекает вдоль территории крупного химического предприятия, о негативном влиянии на подземные воды долины реки будет указано ниже.

Реку Чёрную Калитву принято разделять на три характерных участка [39]: первый – верхний участок реки длиной около 80 км до впадения р. Ольховатка, второй – средний участок около 40 км до окончания береговой территории г. Россось, третий – нижний участок также около 40 км от окраины г. Россось до впадения в реку Дон.

Верхний участок находится в основном в пределах Белгородской области, в Воронежской области река заходит в Ольховатский район. Рассматриваемый участок реки заканчивается устьем реки Ольховатка, где расположен одноимённый населённый пункт р.п. Ольховатка. Негативным источником влияния на реку здесь является один из крупнейших сахарных заводов в России (третье место по производству сахара), которое выражается в следующем: имеются поля фильтрации сахзавода, пруд-охладитель, которые расположены выше по рельефу в непосредственной близости от реки; в р. Чёрная Калитва сооружена русловая плотина для обеспечения надёжного

забора большого количества воды из реки для технологических нужд во время сезонной работы предприятия.

Средний участок реки Чёрная Калитва проходит практически сквозь селитебную территорию, испытывая при этом чрезмерное антропогенное давление. Понимая это, при строительстве завода принимается следующее экологически, как представляется, верное решение – сбросные сточные воды из г. Россось заводятся вначале в огромные отстойники, расположенные в 7 км восточнее городской черты. Отстойники трёхсекционные с общим объёмом вместимости до 10 млн. м<sup>3</sup>. В маловодный сезон происходит накопление сбрасываемых вод в отстойники, а во время половодья на р. Чёрная Калитва происходит их опорожнение. Проблемой в настоящее время является маловодные весенние паводки, поэтому экологическая технология разгрузки прудов-отстойников нарушается, на что безусловно негативно откликается Чёрная Калитва, медленно всё более заболачиваясь и превращаясь на нижнем участке в сплошные камышовые заросли.

В результате совместного воздействия крупнейшего химического предприятия в регионе ОАО «Минудобрения» в городе Россось и указанных отстойников грунтовые воды загрязнены, питьевой горизонт содержит различные формы азотных соединений (NH<sub>4</sub>, N<sub>O</sub><sub>3</sub>, N<sub>O</sub><sub>2</sub>), концентрации которых в десятки раз превышают ПДК (СанПин 2.1.4.1074-01), а так же сульфаты, хлориды, натрий и кальций.

Попадание загрязняющих компонентов ускоряется благодаря низкой категории защищённости подземных вод. Площадное распространение загрязнения, как правило, фиксируется куполовидным поднятием подземных вод. В настоящее время очаг загрязнения локализован в пределах промышленной зоны. Гидрохимическая аномалия в районе промплощадки занимает площадь около 10 км<sup>2</sup> и характеризуется высокой степенью загрязнения подземных вод четвертично-мелового водоносного комплекса (рис. 40 а, б, в, г) [47].

По данным химических анализов в 2013 г. в четвертичном водоносном горизонте содержание азота аммонийного составляет 7,9 ± 108 мг/дм<sup>3</sup> (5 ± 72 ПДК), нитратов 58 ± 1988 мг/дм<sup>3</sup> (1 ± 44 ПДК), нитритов 62 ± 79 (21 ± 26 ПДК), сухого остатка 1078 ± 6772 мг/дм<sup>3</sup> (1 ± 7 ПДК), хлора 469 ± 509 мг/дм<sup>3</sup> (2 ПДК), сульфаты 759 ± 788 мг/дм<sup>3</sup> (1,5 ПДК). В подземных водах меловых отложений содержание загрязняющих компонентов имеет следующие значения: азота аммонийного составляет 2,3 ± 1618 мг/дм<sup>3</sup> (1 ± 1079 ПДК), нитратов 61 ± 6163 мг/дм<sup>3</sup> (1 ± 137 ПДК), нитритов 46 (15 ПДК), сухого остатка 1118 ± 5894 мг/дм<sup>3</sup> (1 ± 6 ПДК), хлора 374 ± 514 мг/дм<sup>3</sup> (1 ± 2 ПДК) [48].

Нижний участок реки в гидрологическом отношении подвластен реке Дон. Во время половодья донская вода заходит в пойму реки Чёрная Калитва. Поэтому на нижнем участке р. Чёрной Калитвы наблюдаются два пика половодья: первый подъём в реке происходит в результате таяния

снега на своём водосборе, а второй подъём уже проходит на более высоких уровнях, обусловленных заходом Дона в пойму Чёрной Калитвы. Пойма реки здесь широкая, достигает в ширину до 4 – 6 км.

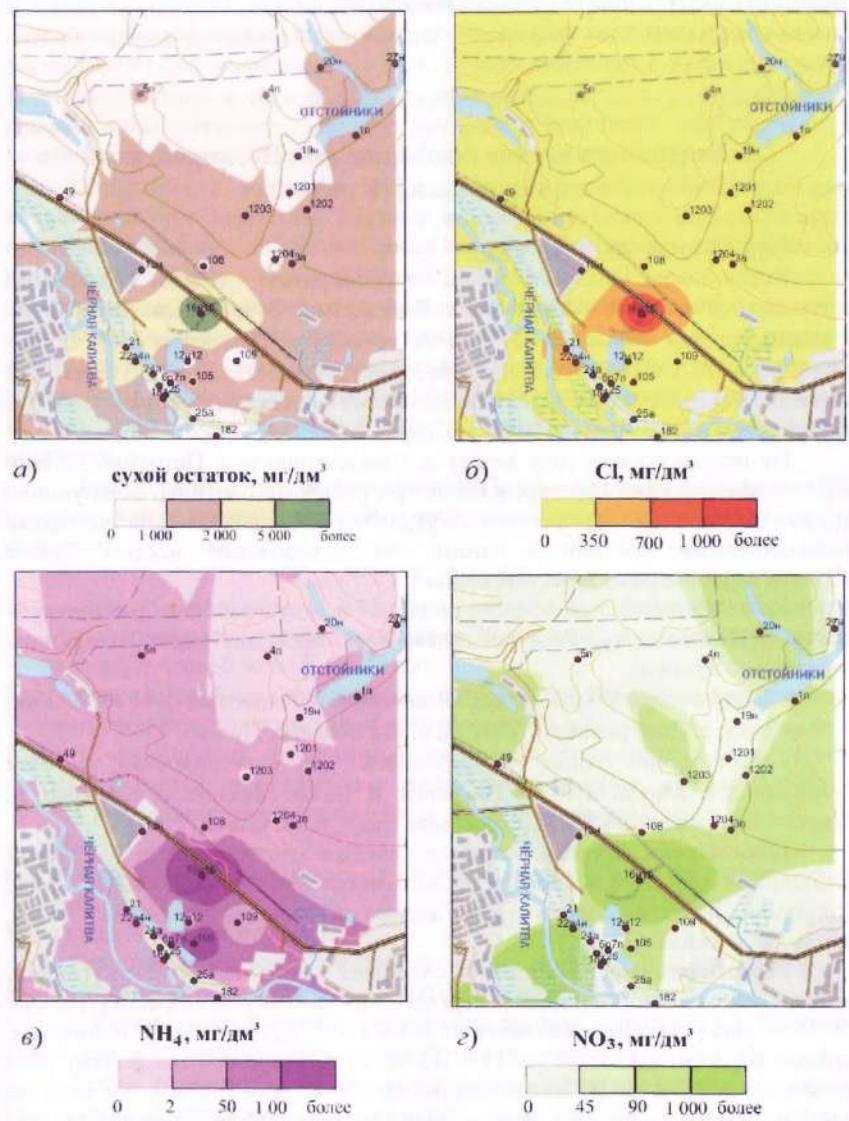


Рис. 40 – Загрязнение подземных вод четвертично-мелового водоносного комплекса в районе ОАО «Минудобрения» (г. Россось). Слева внизу на рисунке располагается р. Чёрная Калитва, справа вверху – отстойники.

На нижнем участке поймы реки Чёрная Калитва в XX веке была осуществлена одна из первых мелиоративных работ – осушение поймы. Эти работы были выполнены в довоенное время в тридцатых годах. В настоящее время осушительная система почти заброшена, остатки её легко можно обнаружить проезжая по автодороге вдоль левого берега реки от с. Евстратовка до с. Старая Калитва.

## 2.7. Геэкологическое состояние рек Подгоренского гидрологического района.

### Река Осередь (ранее Осеред).

Исток реки находится на юго-западном склоне Калачской возвышенности на южной окраине с. Елизаветино Бутурлиновского района и впадает в Дон слева, на 1244 км от устья, у г. Павловска [49]. Общая длина реки 103 км. По другим данным длина реки составляет [39] 89 км, что очевидно неверно, так как в первом положении истока реки образованы три крупных водоёма по основному водотоку.

От истока по водотоку между с. Елизаветино и с. Патокино долину зарождающейся реки перегораживают три русловые плотины, образующие пруды. Далее река заходит в г. Бутурлиновку, проходя под четырьмя автодорожными мостами и одним железнодорожным мостом. Таким образом верховье реки зарегулировано.

Река в Воронежской области проходит по двум районам: Бутурлиновскому и Павловскому. Река на своём пути проходит через следующие населённые пункты:

- Бутурлиновский район: с. Елизаветино, с. Патокино, п. Зелёный Гай, с. Марьевка, с. Дмитриевка, с. Гвазда, с. Клёповка, с. Пузево;
- Павловский район: с. Воронцовка, с. Александровка, х. Сын Революции, с. Михайловка, с. Петровка, п. Белая Деревня, с. Княжево, п. Рассвет, с. Елизаветовка, п. Заосерёдные Сады, г. Павловск.

Долина реки Осередь разрезает северо-восточную часть Калачской возвышенности, на её водосборе располагается 6 рек длиной свыше 10 км, впадающих в Осередь, из них река Гаврило наибольшая (длина реки 48 км, площадь бассейна 423 км<sup>2</sup>).

Геологическая основа долины содержит в себе ледниковые суглинки, пески и глины палеогена, мела и мергели верхнемелового возраста (рис. 2).

Долина реки в верхней части от истока до г. Бутурлиновки пойменная, правый берег возвышается на 12 – 15 м; за г. Бутурлиновка долина реки уширивается до 5 – 8 км. В Павловском районе пойма реки 1 – 2 км, при подходе к устью уширивается до 3 км. Режим реки в приустьевой части находится под влиянием Дона, с приходом высокой воды по Дону Осередь выходит из берегов и разливается вплоть до трассы М-4, а при высоком подъёме Дона выходит за неё через проход под трассой в районе п. Заосерёдных садов.

Всего река Осередь проходит сквозь либо рядом с 19 населёнными пунктами, что примерно составляет среднюю дистанцию в 5,4 км между их центрами. Это значительное расстояние, например, в сравнении с рекой Ольховатка такая дистанция больше в 2,7 раза. Тем не менее, антропогенное давление селитебных территорий на отдельных участках реки практически непрерывное – от г. Бутурлиновка до х. Сын Революции. Здесь река зажата в селитебными территориями, а ниже г. Бутурлиновка располагается огромное зеркало прудового комплекса рыбоводческого хозяйства с площадью зеркала около 3 км<sup>2</sup>, что означает следующее.

Обращаясь к методике [50] расчёта водохозяйственных балансов водоёмов можно посчитать влияние воздействия такого рыбоводческого пруда на геэкологическое состояние Осереди. Для реки в экологическом аспекте наиболее напряжённым режимом в рассматриваемой географической зоне является период летней межени. С помощью методики для примера посчитаем только один показатель для рыбоводческого комплекса – испарение с поверхности, что, в конечном счёте, означает уменьшение водности реки, так как река проходит транзитом через водоём и лишь при большой летней межени пропускается мимо прудового хозяйства.

Для водоёма с площадью зеркала 3 км<sup>2</sup>, согласно методики [50], средние многолетние величины испарения возможно определить по формуле:

$$W_{исп\ 0} = E_{20} \cdot K_H \cdot K_{заш} \cdot \beta \cdot S, \text{ где}$$

$E_{20}$  – средняя многолетняя величина испарения с водной поверхности испарительного бассейна площадью 20 м<sup>2</sup> (в см); для рассматриваемой географической зоны  $E_{20} = 70$  см;

$K_H$  – поправочный коэффициент на глубину водоёма; для специального рыбоводческого пруда (пруд неглубокий)  $K_H = 1$ ;

$K_{заш}$  – коэффициент уменьшения испарения с защищённых водоёмов (учитывается древесная растительность, строения, крутые берега и др.); в нашем случае пойменный пруд на открытой местности  $K_{заш} = 0,96$ ;

$\beta$  – поправочный коэффициент на площадь водоёма; для рассматриваемого размера  $\beta = 1,24$ ;

$S$  – площадь зеркала водоёма.

Подставляя значения в формулу в итоге получим  $W_{исп\ 0} = 2,5$  млн. м<sup>3</sup> за год. В пересчёте на расход  $q_{исп} = 0,079$  м<sup>3</sup>/с или 79 л/с.

Согласно географической изученности реки по гидропосту в г. Бутурлиновка средний минимальный меженный расход составляет 47 л/с [39].

Таким образом, в летнюю межень река ниже прудового комплекса становится практически неподвижной либо вообще усыхает. Отклик экосистемы реки и поймы негативен, река практически заросла камышом и древесно-кустарниковой растительностью. Во время выдающегося половодья 2018 г. на фоне последних двух десятков лет, когда пруды в бассейне вышли на форсировку был даже сорван и разрушен деревянный

мост через реку Осередь в с. Гвазда (первый по течению из трёх), т.е. русло не пропускало основной расход реки.

На обозначенный эффект обширного зеркала водоёма накладывается также зарегулированность реки гидротехническими сооружениями, образующими пруды, и мостовыми переходами. Выше г. Бутурлиновка в бассейне располагается 14 искусственных водоёмов, из них один на б. Яр Прохоров с объёмом более 10 млн. м<sup>3</sup>. Реку пересекают по двум районам 15 автомобильных мостов, имеется два трубных грунтовых перехода, 1 железнодорожный мост.

#### Река Гаврило.

Река Гаврило берёт начало у с. Шувалов в Павловском районе. Имеет длину 48 км, проходит мимо п. Каменск, с. Гаврильск, с. Малая Казинка и на выходе с. Елизаветовка впадает в реку Осередь (рис. 41). Водосборная площадь составляет 423 км<sup>2</sup>.

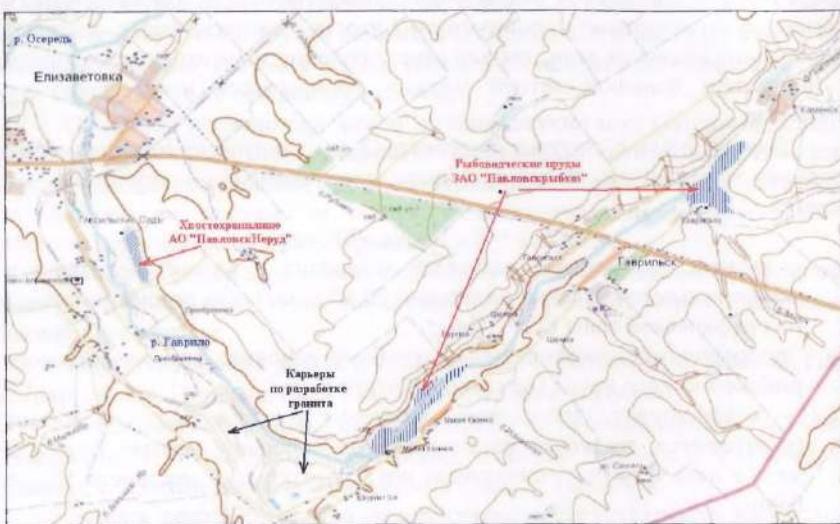


Рис. 41 – Зарегулированность р. Гаврило карьерным производством и рыболоводческим хозяйством.

Геологическая основа долины содержит в себе ледниковые суглинки, пески и глины палеогена, мела и мергели верхнемелового возраста (рис. 2). По середине своей длины река упирается в «Шкурлатовское» месторождение гранитов. Глубина карьера достигает 130 м, что естественным образом срабатывает грунтовые воды в долине реки, уменьшая в конечном итоге водоносность р. Гаврило.

Конфигурация границ сложившейся депрессии подземных вод имеет следующий вид: депрессия вытянута в меридиональном направлении (по реке Гаврило). В направлении с северо-запада на юго-восток размер

депрессии от бортов карьера составляет соответственно 2,4 и 1,1 км, в направлении с юго-запада на северо-восток – 0,7 ÷ 1,6 км. Ранее проведенными работами [51] установлена глубина развития депрессии подземных вод, которая составила 21,5 м. Установлен факт сдренированности четвертичного водоносного горизонта и верхней части турон-коньяцкого водоносного комплекса.

Река Гаврило является полностью зарегулированной рекой: выше п. Каменск первая по течению русловая плотина, далее у с. Гаврильск первый рыболоводческий пруд ЗАО «Павловскрызхоз», ниже второй пруд. Затем река поворачивает практически на 90° на северо-запад перед разрабатываемыми карьерами АО «Павловск Неруд» и впадает в реку Осередь за с. Елизаветовка.

На ситуационном плане реки (рис. 41) легко заметить прямые протяжённые участки реки, что было сделано для удобства водопользования горного предприятия. Вода реки используется в технологических процессах при открытой добыче гранита и его переработке в щебень. Перед с. Елизаветовка устроено хвостохранилище, которое располагается перед рекой выше по рельефу, высота ограждающей дамбы 9 м. Сооружение создает потенциальные риски загрязнения для реки в случае аварийной ситуации.

Река вследствие своей зарегулированности и мощного антропогенного воздействия от рыболоводческих хозяйств, карьерного производства и населённых пунктов, их восемь, находится в заросшем состоянии, деградирует. Последний раз расчистка русла реки у с. Елизаветовка осуществлялась в 2009 г.

#### Река Толучеевка.

Толучеевка является правым притоком реки Подгорной, впадает в неё в городе Калач на 70 км от устья. Исток Толучеевки находится 1 км западнее от п. Толучеевка Новохопёрского района; пересыхающий в устье водоток образуется в сбросном канале пруда: исток зарегулирован в составе каскада из двух прудов.

Длина реки составляет 72 км, бассейн – 968 км<sup>2</sup>.

Река Толучеевка ошибочно обозначена на картографическом материале [42], хотя об этом ещё упоминалось в 1980-е годы в публикациях ВГУ [39]. Ошибка заключается в следующем: после слияния в городе Калач рек Подгорной и Толучеевка, река должна называться исходя из подходов морфометрических классификаций рек; нелишне здесь сказать, что население как раз реку называет верно без всяких методических подходов по названию рек после их слияния.

Площадь водосбора у реки Подгорной в месте слияния с Толучеевкой – 1790 км<sup>2</sup>, что по сравнению с Толучеевкой больше в 1,85 раза; аналогично по ширине долины: у Подгорной ширина долины перед слиянием 8 км, у Толучеевки – 4,5 км, что составляет разницу в пользу Подгорной в 1,78 раза.

Геологическая основа долины содержит в себе ледниковые суглинки, пески и глины палеогена, мела и мергели верхнемелового возраста (рис. 2).

Река прорывается сквозь Калачскую возвышенность с севера на юг, что обуславливает её существенный уклон, поэтому река имеет небольшие водные запасы – средний годовой расход реки  $1,7 \text{ м}^3/\text{с}$ , что для населённых пунктов, расположенных рядом с рекой недостаточно. Русловые плотины шандорного типа устроены три вдоль села Рудня Воробьёвского района и одна в г. Калач в центре города. Об этом водоподпорном сооружении будет изложено ниже.

В долине реки располагаются следующие населенные пункты, оказывающие непосредственное антропогенное давление на реку:

- Новохопёрский район: п. Тулучеевка;
- Бутурлиновский район: с. Тулучеевка;
- Воробьёвский район: с. Верхнетолучеево, с. Берёзовка, с. Воробьёвка, с. Лещаное, с. Рудня, с. Новотолучеево;
- Калачеевский район: х. Поплавский, х. Николенков, с. Пришиб, г. Калач.

В среднем населённые пункты чередуются по реке через 6,5 км (условные их центры), что говорит о низком антропогенном воздействии со стороны селитебных территорий. Однако для обеспечения достаточного водопользования на реке устроены 4 русловые плотины, создающие подпор в реке, что значительно осложняет жизнь проходных рыб, нарушаются процессы самоочищения в реке.

Помимо этого реку пересекает недалеко от истока трубный дорожный переход и по всей длине пересекают 7 автомобильных мостов.

Для уменьшения влияния русловых плотин на реке Толучеевка был реализован проект складывающейся и опускающейся плотины на дно реки в г. Калач (рис. 42).

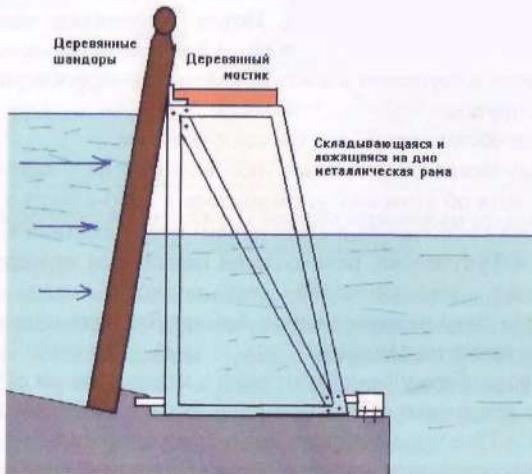


Рис. 42 – Схема плотины системы Поаре.

Шандорная русловая плотина системы Поаре (также можно встретить названия: система Поаре и Пуарэ, по фамилии французского инженера Poirée). Это складывающаяся сооружение, состоящее из металлических ферм, соединённых шарнирными приспособлениями. В пазы между фермами закладываются доски (шандоры) и создаётся подпор, по верху ферм укладывается деревянный мостик для прохода людей через реку (рис. 43). Перед половодьем сооружение освобождается от деревянных мостков и шандор, освобождается ото льда, забившихся плывущих по реке карчей и веток, мусора и с помощью лебёдок, используя тросовую передачу, фермы укладываются на подготовленное выровненное дно реки.

На рис. 43 представлена фотография в послепаводковый период: шандоры установлены, ограждающие перила вдоль деревянного настила ещё не приварены (во время половодья обязательно демонтируются). На противоположном берегу виден бетонный устой для сопрягающего крепления фермы плотины. На берегу можно обнаружить оставшееся ещё целым помещение для лебёдки. В 1990-е годы, очевидно, лебёдка была демонтирована, цепные соединения между фермами пришли в негодность (остатки в отдельных сочленениях можно обнаружить), фермы жёстко соединены металлическими уголками, проварены сваркой, плотина стала стационарной.



Рис. 43 – Современный вид плотины на р. Толучеевка в г. Калач Воронежской области.

До недавнего времени плотина не числилась в перечне ВДУ Ростехнадзора, но после написания межведомственного акта при

последствиях обследовании поймы и учёта её в департаменте природных ресурсов и экологии Воронежской области, надзорный орган включил её в перечень ГТС региона, однако при этом не присвоил плотину класса сооружения (он же опасности). Местные власти в конце 2018 г. обратились в Главное управление МЧС России по Воронежской области с просьбой подтвердить её негативное влияние на режим половодья, так как ГТС создаёт препятствие для потока, на что получили ответ, что пока не будет установлен класс опасности ВДУ Ростехнадзора оценок о негативном влиянии на паводковый режим делаться не будет, так как сам факт опасности вытекает только из наличия того или иного класса ГТС, что находится в компетенции Ростехнадзора.

Почему подробно изложен пример с ГТС на реке Толучеевка? Зарегулированность малых и средних рек ярко отражается на их годовом режиме, их медленного природного переустройства, деградации, прежде всего выражющейся в заболачивании и, как следствие, приводящее к уменьшению пропускной способности русел.

#### Река Подгорная.

Река Подгорная – левый приток Дона. За исток р. Подгорная принадлежит вершине оврага Лошиновский, расположенного в 2 км к юго-западу от х. Лошиновский Волгоградской области [49]. Впадает река в р. Дон слева, на 1066 км от устья. Протяжённость реки 145 км, водосборная площадь – 5050 км<sup>2</sup>. В Подгорную впадает 9 рек с длиной более 10 км, наибольшие притоки: Толучеевка (длина 72 км), Манино (45 км), Козынка (49 км), Криуша (77 км).

Пойма реки преимущественно двухсторонняя, а на участке от устья р. Толучеевка до впадения р. Криуша – левобережная. Геологическая основа долины содержит в себе ледниковые суглинки, пески и глины палеогена, мела и мергели верхнемелового возраста (рис. 2).

Ширина поймы по длине реки изменчива, так как река спускается к Дону с Калачской возвышенности: от 0,1 ÷ 0,2 до 4 км (в устье). Пойма сухая, луговая, покрыта кустарником, в нижнем течении пересечена озёрами, старицами, в устье заболочена и занята лесом. В многоводный год в течение 3 – 5 дней пойма затапливается слоем воды от 0,5 до 1,0 м, а на участке между устьем р. Толучеевка и впадением р. Криуша – около 2 м.

Русло реки от истока до с. Серяково Калачеевского района представляет собой ряд разобщённых плёсов, изредка соединённых узкими ручейками. Постоянное течение начинается от с. Серяково. Река сильно извилиста. Преобладающая ширина русла колеблется от 5 ÷ 10 м в верховьях, 35 м в среднем течении и 15 ÷ 30 м в нижнем. Глубины на перекатах 0,1 ÷ 1,0 м, на плёсах от 2 ÷ 2,5 м.

Река Подгорная в Воронежской области протекает по землям Воробьевского, Калачеевского и Петропавловского муниципальных районов:

- Воробьевский район: с. Верхний Бык, с. Нижний Бык, с. Никольское 2-е, с. Никольское 1-е;

- Калачеевский район: с. Серяково, х. Долбнёвка, с. Подгорное, с. Ильинка, с. Заброды, г. Калач, п. Пригородный, х. Сереженков, с. Ширяево;
- Петропавловский район: с. Старая Меловая, с. Пески, х. Индычий, с. Красносёловка, с. Петропавловка, х. Червоно-Чехурский, х. Замостье, с. Бычок.

В среднем населённые пункты чередуются по реке через 6,9 км (условные их центры), что говорит о низком антропогенном воздействии со стороны селитебных территорий. Однако, ситуация осложняется тем, что на реке активно осваивается пойма без возведения должной защиты. Инженерных сооружений на реке достаточно много: 7 низководных мостов, 15 автодорожных мостов незатапливаемых, 1 переход с трубным водопропуском, 3 пешеходных перехода через реку, на реке 2 русловые плотины, 1 железнодорожный мост ниже п. Пригородного вниз по реке от г. Калач.

В настоящее время наиболее потенциально опасная затапливаемая территория относится к г. Калач и его пригородам. Средний срок начала весеннего половодья – конец марта, ранний – первые числа марта, поздний – начало апреля. Подъём уровня весной происходит в течение 5 – 10 дней, спад – 10 – 30 дней, а в низовьях реки, в зоне подпора р. Дон – до 35 – 40 дней. В случае активного снеготаяния наблюдался подъём воды до 2 м за сутки. Превышение наивысшего уровня над среднемеженным колеблется от 1,5 до 5,0 м (г. Калач).

В исключительно высокое половодье 1941 г., когда весенний пик на р. Подгорная совпал с пиком р. Дон, подъём уровня в устье реки у с. Замостье достиг 6,5 м.

Последним выдающимся наводнением по р. Подгорной отметился 2018 г. Затяжная зима простояла до первых чисел апреля, а затем активное снеготаяние оказалось критическим для паводковой ситуации. Фактор активной водоотдачи от снегозапасов существенно превысил благоприятный фактор малого промерзания почвы, противоположно влияющий на сток талых вод с бассейна реки. Ситуация вышла из-под контроля, в Калачеевском районе создавались аварийные ситуации на гидротехнических сооружениях, затапливались либо подтопливались объекты защиты – дома, дорожные переходы через реку, автодороги. По реке, в зоне затопления (подтопления), оказался г. Калач (1465 усадебных участков, где проживает 3662 человек), с. Заброды (352 усадебных участков, где проживает 876 человек), с. Подгорное (141 усадебных участков, где проживает 263 человека).

После половодья летом 2018 г. было проведено обследование поймы реки от г. Калач до железнодорожного моста, пересекающего пойму (рис. 44); определены места и объекты, препятствующие сходу воды во время половодья.

Во время обследования была обнаружена карта намыва грунта после расчистки реки, которая так и не была убрана, три мостовых низководных перехода, которые также оказывают влияние на пропускной расход паводковой воды по руслу реки, шандорная плотина. Везде обнаруживались

карчи и сорванный камыш, оставшиеся после карчехода в половодье на низководных переходах через реку. Всё это свидетельствует о дополнительных подпорах, возникающих во время половодья.

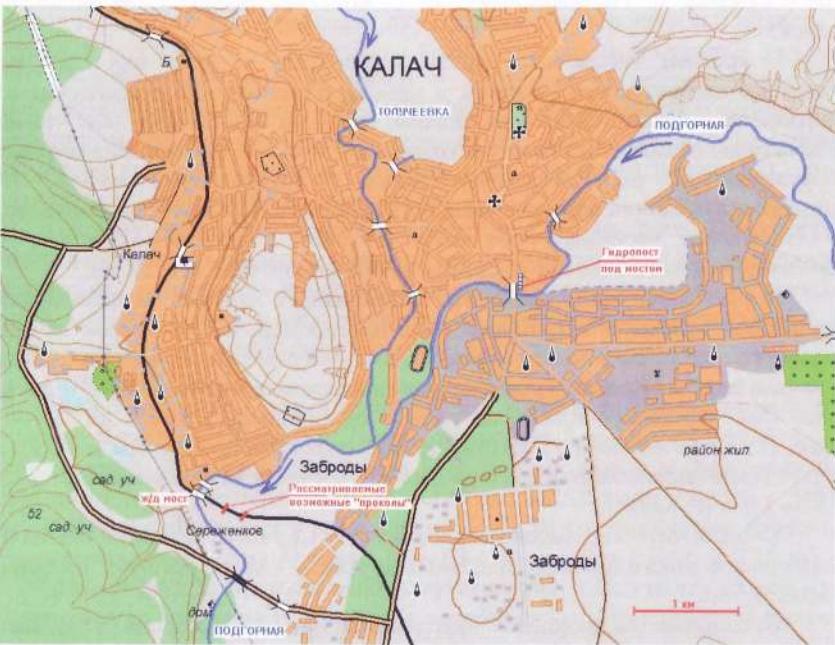


Рис. 44 – Железная дорога в г. Калач, пересекающая пойму р. Подгорная.

У местной власти и населения имеется убеждение, что основной причиной их бед при возникающих частых затоплениях является железная дорога, пересекающая пойму между п. Пригородный и южной частью г. Калач, которая создаёт основное препятствие для схода паводковых вод (рис. 44). Что явилось причиной проведения расчётов на предмет целесообразности создания так называемого «прокола» в железнодорожной насыпи.

Результаты расчётов представляют интерес, так как в них обоснован противоположный вывод, представленный выше по автодорожному переходу через р. Битуг у г. Боброва.

И так, проведено гидрологическое ситуационное моделирование в створе железнодорожного перехода через реку Подгорная для оценки возможности понижения уровня разливающейся по застроенной пойме реки во время половодья путём сравнения существующей гидрологической ситуации с ситуациями, когда в железнодорожной насыпи устраиваются два «прокола» по ширине в 30 м от уровня поверхности поймы и в левую сторону от моста на расстоянии 240 и 430 м (рис. 44).

Для решения ситуационной задачи была принята модель гидравлического расчёта расхода реки в зависимости от уровня воды в реке. Такой методический подход был выбран исходя из того, что в г. Калач на р. Подгорная вот уже более 80 лет функционирует гидропост (с 1936 г.). Исходными данными для реализации методического подхода явились максимальные уровни, в результате имеется возможность установить обеспеченности  $P\%$  проходящих половодий, а решая обратную задачу установить соответствующие слои стока весеннего половодья, уклоны водного потока. В рассматриваемый период (с 1936 г. по 2018 г.) максимальные уровни весеннего половодья наблюдались в 1974 г. и 2018 г.

В створе водомерного поста водосборная площадь р. Подгорная составляет  $1790 \text{ км}^2$ , а длина от истока около 65 км. В пределах г. Калача в реку Подгорная по правому берегу впадает р. Толучеевка (рис. 44), водосборная площадь которой составляет  $968 \text{ км}^2$ , а длина 72 км. В расчётном створе железнодорожного моста через р. Подгорная водосборная площадь реки составляет  $2907 \text{ км}^2$ , а длина от истока 69,4 км.

Основой для ситуационных расчётов явился поперечный профиль расчётного створа вдоль дамбы железнодорожной дороги с абсолютными отметками поверхности рельефа, дна русла реки, ширины реки, отметками уровня воды в реке, иначе, в гидрологии принято называть расчётную линию в плане как морфоствор.

В начале работы были проведены соответствующие поставленной задаче морфометрические и гидрологические изыскания, следующие виды работ:

- 1) Сбор и систематизация материалов наблюдений с гидропоста в г. Калач за период 1936 – 2018 гг.;
- 2) Сбор и систематизация материалов топографической съёмки масштаба 1:2000 и составление общей карты по территории г. Калач в зоне затопления;
- 3) Полевое обследование территории по р. Подгорная от водомерного поста до железнодорожного моста и далее до выхода насыпи на незатопляемые отметки с инструментальными геодезическими работами и разбивкой морфоствора на реке в створе железнодорожного моста; определение указанных уровней затопления в абсолютных отметках БС по результатам опроса местных жителей и выявленным следам половодья 2018 г. По данным инструментальных замеров уклон водной поверхности в период половодья 05.04.2018 на р. Подгорная на участке водомерный пост – железнодорожный мост составил при разности отметок 1,10 м или 0,000229 (0,229 %);
- 4) Гидравлический расчёт уровней высоких вод (УВВ), соответствующих максимальной отметке уровня воды в створе железнодорожного моста по исходным данным по уровню р. Подгорная на 05.04.2018 был выполнен по программе Морфоствор 1.0 «Обработка гидрологических данных по морфостворам рек» [52];
- 5) По водомерному посту на р. Подгорная в г. Калач проанализированы максимальные уровни за весь период наблюдений (1936

– 2018 гг.), ежесуточные данные за 1974 г. и 2018 г., произведены пересчёты в соответствующие расходы и слои стока весеннего половодья. В 1974 г. слой стока весеннего половодья составил 54 мм (96,66 млн. м<sup>3</sup>), а в 2018 г. соответственно 65 мм (116,35 млн. м<sup>3</sup>).

По многолетним данным о максимальных уровнях построен график обеспеченности половодий на водомерном посту на р. Подгорная в г. Калач, результаты по ключевым обеспеченностям сведены в табл. 22.

Таблица 22

Обеспеченность максимальных уровней на гидропосту на р. Подгорная в г. Калаче

Обеспеченность р %	Уровень, см, от 0 графика 80,49 м БС	Уровень в абс. отметках БС, м
1	719	87,68
3	683	87,32
5	662	87,11
10	625	86,74

Из табл. 22 следует, что максимальные уровни 1974 г. соответствуют обеспеченности р % около 2 % (87,40 м БС), а уровни 2018 г. соответствуют обеспеченности р % = 5 % (87,11 м БС). Максимальный уровень весеннего половодья р % = 1 % для створа водомерного поста соответствует 87,68 м БС, а для створа железнодорожного моста с учётом уклона водного потока 86,58, т.е. на 0,57 м выше максимального уровня весны 2018 г.

Расчёт максимального расхода в створе железнодорожного моста был выполнен в соответствии с нормативными документами [53] на основании максимального расхода в створе водомерного поста 149 м<sup>3</sup>/сек и слоя стока весеннего половодья 65 мм и с учётом водосборной площади 2907 км<sup>2</sup> и равен 214 м<sup>3</sup>/сек. Ниже приведём подтверждающие расчёты.

Расчётный максимальный расход воды весеннего половодья Q<sub>p%</sub>, м<sup>3</sup>/сек, заданной вероятности превышения р % в створе определяется по формуле:

$$Q_{p\%} = K_0 \cdot h_{p\%} \cdot \mu \cdot \delta_1 \cdot \delta_2 \cdot A / (A + A_1)^n, \quad (1)$$

где K<sub>0</sub> – параметр, характеризующий дружность весеннего половодья, который рассчитан из значений, полученным по данным гидропоста выше исследуемого створа на р. Подгорная в г. Калач, путём обратного пересчёта из формулы (1);

h<sub>p%</sub> – расчётный слой суммарного стока (без срезки грунтового питания), мм, ежегодной вероятности превышения р % определяется в зависимости от коэффициента вариации C<sub>v</sub> и отношения C<sub>s</sub>/C<sub>v</sub>, а также среднего многолетнего слоя стока h<sub>0</sub>;

μ – коэффициент, учитывающий неравенство статистических параметров кривых распределения слоёв стока и максимальных расходов воды, определяется по рекам-аналогам, для предпроектных расчётов принимаем равным 1;

δ, δ<sub>1</sub>, δ<sub>2</sub> – коэффициенты, учитывающие влияние водохранилищ, прудов и проточных озёр (δ), залесённости (δ<sub>1</sub>) и заболоченности речных водосборов (δ<sub>2</sub>) на максимальные расходы воды, не учитываются для рассматриваемого створа из-за отсутствия данных факторов влияния на рассматриваемом удалении по реке от места нахождения исходного гидропоста на р. Подгорная в г. Калач (4,4 км);

A – площадь водосбора исследуемой реки до расчётного створа, который составляет 2907 км<sup>2</sup>;

A<sub>1</sub> – дополнительная площадь, учитывающая снижение редукции модуля максимального стока с уменьшением площади водосбора, км<sup>2</sup>, принятая равной 2;

n – показатель степени редукции, принимается равным 0,25.

Из формулы (1) определяем K<sub>0</sub> при р = 5 % для половодья 2018 г.:

$$K_0 = Q_{5\%} \cdot (A + A_1)^n / A \cdot h_{5\%} = 149 \cdot (1790 + 2)^{0,25} / 1790 \cdot 65 = 0,00833;$$

$$Q_{5\%} = K_0 \cdot h_{5\%} \cdot A / (A + A_1)^n = 0,00833 \cdot 65 \cdot 2907 / (2907 + 2)^{0,25} = 214 \text{ м}^3/\text{сек.}$$

Расчёты морфоствора в створе железнодорожного моста выполняются в два этапа.

1. На первом этапе выполняется калибровка принятой модели, при которой при полученных расчётных данных производится их уточнение и расчётная максимальная отметка уровня в створе железнодорожного моста достаточно близка к отметке уровня 05.04.2018. В результате калибровки расчётной модели максимальная отметка уровня в исследуемом створе железнодорожного моста 86,03 м БС при фактической 86,01 м БС.

2. На втором этапе выполнены расчёты морфоствора при выполнении некоторых мероприятий на железнодорожной насыпи, позволяющие сбросить, что очевидно, часть паводковых вод через сквозь неё. В качестве водопропускных сооружений были рассмотрены каналы в виде перевёрнутой трапеции с нижним основанием 30 м и верхним основанием 60 м с высотой от 4,5 до 5 м. Порог срабатывания каналов был определён как 84,5 м БС, что обусловлено высотными отметками местности (относительно ровная пойма в рассматриваемом створе). При расчётах рассматривались три варианта:

- одно отверстие в железнодорожной насыпи (на расстоянии 240 от железнодорожного моста);

- два отверстия в железнодорожной насыпи (на расстоянии 240 и 430 м от железнодорожного моста);

- чистая левобережная пойма при гипотетической ситуации демонтажа железной дороги и ликвидации железнодорожной насыпи на левом берегу реки.

На морфостворе при калибровке выделено пять участков:

- 1 – узкая непроницаемая правобережная пойма;

- 2 – правобережная пойма, по которой возможно движение паводковых вод (9,40 м);

- 3 – русло реки (10,0 м);

4 – левобережная пойма, по которой возможно движение паводковых вод (83,11 м);

5 – непроницаемая левобережная пойма шириной около 1 км, простирающаяся выше по течению до впадения р. Толучеевка в р. Подгорная.

Ширина отверстия моста при РУВВ без дополнительных отверстий в железнодорожной насыпи:  $9,40 + 10,0 + 83,11 = 102,51$  м.

Результаты расчётов сведены в таблицу 23.

Таблица 23

Участок водо-пропуска	Средняя глубина, м	Ширина, м	Площадь сечения, м <sup>2</sup>	Средняя скорость, м/сек	Расход, м <sup>3</sup> /сек	Отметка РУВВ, м БС
Половодье 05.04.2018						
Правая пойма	0	0	0	0	0	
Правая пойма	2,53	9,40	23,91	0,39	50,98	
Русло	5,44	10,00	54,39	0,94	50,98	
Левая пойма	3,86	83,11	320,83	0,48	153,70	86,01
Левая пойма	0	0	0	0	0	
Одно отверстие слева от моста на удалении 240 м в железнодорожной насыпи						
Правая пойма	0	0	0	0	0	
Правая пойма	2,46	9,20	22,59	0,38	8,68	
Русло	5,31	10,00	53,08	0,92	48,95	85,90
Левая пойма	3,74	82,81	309,55	0,47	145,26	
Левая пойма	0	0	0	0	0	
Левая пойма	1,25	37,97	47,9	0,23	11,10	
Левая пойма	0	0	0	0	0	
Два отверстия слева от моста на удалении 240 м и 430 м в железнодорожной насыпи						
Правая пойма	0	0	0	0	0	
Правая пойма	2,40	9,01	21,63	0,38	8,19	
Русло	5,20	10,0	52,02	0,91	47,34	85,79
Левая пойма	3,65	82,66	301,39	0,46	139,02	
Левая пойма	0	0	0	0	0	
Левая пойма	1,17	37,12	43,34	0,22	9,71	
Левая пойма	0	0	0	0	0	
Левая пойма	1,16	37,26	43,43	0,22	9,73	
Левая пойма	0	0	0	0	0	
«Чистая» пойма без железнодорожной насыпи слева от моста						
Правая пойма	0	0	0	0	0	
Правая пойма	1,89	7,30	13,82	0,33	4,52	
Русло	4,24	10,00	42,44	0,79	33,75	84,88
Левая пойма	0,74	1005,43	749,86	0,23	175,74	

Как видно из табл. 23 эффективность рассматриваемых отверстий, при устройстве их в железнодорожной насыпи слева от моста по течению реки, очень незначительная: снижение уровня паводковых вод всего на 0,11 м при дополнительном возникающем паводковом расходе 11,1 м<sup>3</sup>/сек при устройстве одного отверстия и на 0,22 м при двух отверстиях при общем

расходе через дополнительные отверстия 19,44 м<sup>3</sup>/сек. Максимальный эффект достигается при варианте без железной дороги – понижение воды при рассматриваемой обеспеченности половодья в 5 % на 1,13 м.

Представленная модель даёт лишь представление о паводковой ситуации на рассматриваемом участке поймы, оказывающемся в зоне затопления. Что следует учесть при выборе мероприятия по защите от затоплений жилых домов?

Конечно же, проведённые изыскания явно недостаточны, так как нет ясности в истинных направлениях пойменных течений и их скоростях. Очевидно, требуется изучить изыскания, проведённые при строительстве железной дороги, так как выбор величины и устройства места отверстия моста происходит только в результате проведения гидрологических изысканий и выбора оптимально возможного варианта. Если такой возможности нет, то требуется провести гидрологические изыскания при затопленной пойме с учётом гидрологической ситуации за железнодорожной насыпью, так как далее на удалении 0,5 + 1 км почти параллельно железной дороге через пойму проходит автотрасса уже с двумя водопропускными отверстиями в автодорожной насыпи (мостами) смещёнными к противоположной стороне поймы (рис. 44).

Данный пример показывает, что для защиты населения от затоплений поверхностный подход в оценке гидрологической ситуации неприемлем, так как может быть создана проблема для безаварийного функционирования гидрологической природно-технической системы, которую явно будет трудно разрешить. Такие поисковые изыскания, как представленные выше, проводятся бессистемно, лишь замедляют принятие правильного решения. А ведь половодье с обеспеченностью 5 % в изменившихся климатических условиях стали более реальны, чем даёт теоретическая кривая обеспеченности паводков.

Согласно данным ГУ «Воронежский областной центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды» на гидрологическом посту, государственной сети наблюдений «р. Подгорная – г. Калач» наибольший расход воды за весь период наблюдений был зафиксирован в 1955 г. и составил 490 м<sup>3</sup>/с. Это в 3,29 раза больше исследованного расхода. Поэтому требуется проведение инженерных изысканий в пойме р. Калач в полном объёме по всему видовому составу, как минимум, морфометрические, метеорологические, гидрологические, гидрогеологические, гидротехнические.

#### Река Манина.

Река Манина является небольшой речкой с общей длиной в 45 км, здесь учтены и пересыхающие участки в верховье реки в летнее время (15–20 км по длине). Река является левым притоком р. Подгорной (впадение в реку на 89 км от устья). Площадь водосбора – 891 км<sup>2</sup>.

Геологическая основа долины содержит в себе ледниковые суглинки, пески и глины палеогена, мела и мергели верхнемелового возраста (рис. 2). Пойма реки не широкая, лишь к устью увеличивается до 1 км по ширине. Это

даёт свою специфику в режим реки: во время половодья в случае активного снеготаяния река быстро наполняется от приходящих стоковых вод с высоки и протяжённых бортов долины, как это было в первых числах апреля в 2018 г.

В меженный период минимальные расходы в реке могут составлять около 100 л/с, что мало для располагающихся рядом с рекой населённых пунктов. Поэтому по ходу реки можно обнаружить пойменные запруды, к сожалению возведённые без соблюдения каких-либо правил гидротехнического строительства. Как только расход повышается до величин 2018 г. запруды легко переливаются и разрушаются, впрочем не создавая высокой волны прорыва. Средний годовой расход р. Манина в устье составляет 1 м<sup>3</sup>/с.

Исток р. Манина располагается у х. Успенка Нехаевского района Волгоградской области. Вдоль р. Манина в Воронежской области располагаются следующие населённые пункты, находящиеся в Калачеевском районе (по ходу реки): с. Коренное, х. Благовещенский, с. Манино, х. Блощицын, с. Подгорное.

Населённых пунктов на реке немного, но малая водообеспеченность реки создаёт проблемы в вопросах водопользования. Реку пересекают два переезда с трубными водопропусками и четыре автодорожных моста, которые также создают некоторую зарегулированность реки.

В с. Коренном в прежние годы при существовании колхоза непосредственно в селе были проведены широкие мелиоративные работы, практически вдоль всех улиц были прорыты каналы, в которые поступали стоковые воды с крутых бортов долины реки и входящих в неё глубоких балок. В настоящее время каналы деградировали, заросли древесно-кустарниковой растительностью и даже небольшие попуски с вышележащего пруда по балке создают затопления придомовых участков жителей села.

Наряду с этим между жителями с. Манино и с. Подгорное создалась конфликтная ситуация: во время половодья в 2018 года русловая плотина ниже с. Манино была разрушена, что уменьшило меженный уровень в реке, а жители с. Подгорное возражают по её восстановлению, так как боятся возникновение прорывного расхода, как это было в половодье 2018 года.

Во время половодья 2018 г. с. Подгорное оказалось в обширной зоне затопления. В село заходит с северо-западной стороны река Подгорная, а с юго-восточной заходит река Манина, соединяясь вместе в нижней юго-западной части села. В случае совпадения пика паводков по рекам, а это вполне предсказуемо, так как реки не протяжённые, создаётся взаимный подпор рек, как это произошло весной 2018 г. Было затоплено на девяти улицах села 263 домовладения, в которых проживает 263 человека.

#### Река Мамоновка.

Река Мамоновка типичная малая река для Подгоренского гидрологического района. Справа и слева неширокой поймы реки крутые борта долины с господствующими высотами, достигающими 150 м БС. Урез Дона невдалеке от места впадения в него Мамоновки 62 м БС. Река Мамоновка впадает в Дон с левой стороны в 1057 км от его устья.

Река Мамоновка имеет протяжённость 35 км, площадь бассейна – 688 км<sup>2</sup>.

Геологическая основа долины содержит в себе ледниковые суглинки, пески и глины палеогена, мела и мергели верхнемелового возраста (рис. 2).

Река по всей своей длине подвержена антропогенному воздействию.

Исток реки зарегулирован каскадом из двух прудов с объёмами более 1 млн. м<sup>3</sup> каждый, а общая площадь зеркал прудов составляет около 250 га. За нижней плотиной с левой стороны вдоль реки идёт сельская улица с непрерывной застройкой. Не доходя Дона река между сёлами Приречное, Нижний Мамон и Верхний Мамон соединяется с р. Гнилуша непосредственно перед автомобильным мостом автодороги Верхний Мамон – Нижний Мамон. Пойма в приустьевой части расширяется от 1 до 1,5 км.

Во время половодья по Дону главная река закрывает сток р. Мамоновки, т.е. подпирает её, вода поднимается до уровней границ исторической застройки при высоких паводках.

Река Мамоновка находится в полной зависимости от рыбоводческого хозяйства. Рыбколхоз «Новый путь» является передовым рыбоводческим хозяйством в Воронежской области, ежегодный улов составляет 200 т рыбы.

В долину реки выходят несколько логов:

→ до нижней плотины по ходу водотока: Большой Мамонский Яр (на нём непосредственно располагаются рыбоводческие пруды), б. Хрецатый Лог, овр. Солонцы, б. Крутой Лог, б. Высокий Лог;

→ после нижней плотины: б. Глинный Яр, б. Красный Яр.

Несмотря на это, река крайне мало получает поверхностных вод в летнее время по причине большой общей площади зеркала водоёмов – около 250 га.

Проведём укрупнённую оценку испарения с указанной общей площади зеркала водоёмов в средней части реки Мамоновка, так как пруды располагаются согласно данным Верхне-Донского управления Ростехнадзора на расстоянии по реке 15 и 17 км от устья.

Исходя из того, что на р. Мамоновке каких-либо гидрометеорологических исследований не проводится воспользуемся известной формулой Б.Д. Зайкова для определения испарения с водной поверхности для малых водоёмов с площадью зеркала до 5 км<sup>2</sup> [54]:

$$E_0 = E_{20} \cdot K_n \cdot K_3 \cdot \beta, \text{ см/год},$$

где  $E_{20}$  – испарение с бассейна площадью 20 м<sup>2</sup>, данные берутся по соответствующей карте изолиний испарения нашей страны; для юга Воронежской области  $E_{20} = 75$  см [54];

$K_n$ ,  $K_3$ ,  $\beta$  – корректирующие коэффициенты в зависимости от глубины водоёма, его защищённости и площади:

$K_n = 1$  – для степной зоны и глубины водоёма 2 м (в нашем случае рыболовческий пруд, который является неглубоким);

$K_3 = 0,96$  и  $\beta = 1,22$  – согласно Б.Д. Зайкову [55].

В результате получим среднегодовое испарение слоя водной поверхности водоёмов:

$$E_0 = 75 \cdot 1 \cdot 0,96 \cdot 1,22 = 87,8 \text{ см.}$$

Согласно [54] испарение с поверхности малых водоёмов по месяцам для рассматриваемой географической зоны (с. Нижний Мамон относится к VI зоне) составит:

Таблица 24

Испарение с поверхности малых водоёмов по месяцам  
(в % от суммы за безледоставный период)

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
-	-	3	6	13	17	20	19	13	7	2	-

Исходя из табл. 24 в летние месяцы слой испарения воды с поверхности водоёмов составит: июнь – 14,9 см, июль – 17,6 см, август – 16,7 см.

Соответственно пересчитывая в расходы потери на испарение получим: июнь – 0,14 м<sup>3</sup>/с, июль – 0,16 м<sup>3</sup>/с, август – 0,16 м<sup>3</sup>/с. Это значительные потери воды в сопоставлении с незарегулированными реками и со схожими морфометрическими характеристиками. Например, река Манина с этого же гидрологического района имеет минимальную летнюю межень 100 л/с (0,1 м<sup>3</sup>/с) [39], морфометрические показатели превышают р. Мамоновку: по длине почти на треть, а по бассейну почти на четверть.

Приведенные расчёты подтверждают, что течение в реке возникает лишь эпизодически [19]. Эпизодические течения, очевидно, возникают во время половодья и во время попусков из нижнего водохранилища во время вылова рыбы.

#### Река Криуша.

Криуша является левым притоком Подгорной, впадает в неё на 21 км от устья. Исток реки находится в Волгоградской области, река зарождается в овражно-балочной сети в 4 км юго-западнее п. Мирный Волгоградской области (в 9 км по реке от Воронежской области). Длина реки 77 км, бассейн реки – 1000 км<sup>2</sup>.

Долина реки располагается вдоль западного склона Калачской возвышенности; в долину заходят многочисленные балки овраги, особенно с правой стороны – склона возвышенности. По правому склону в Петропавловском районе от с. Старая Криуша до с. Новобогородицкое по склону правого берега наблюдаются выходы меловых отложений. Геологическая основа долины содержит в себе ледниковые суглинки, пески и глины палеогена, мела и мергели верхнемелового возраста (рис. 2). Между сёлами Старая Криуша и Новобогородицкое пойма реки заболочена.

4/5 реки по длине практически является временным водотоком, в межень Криуша представляет собой цепочку своеобразных озёр – плёсовых участков, а перекаты оголяются. Русло реки наполняется и возникает течение только весной или в результате интенсивных затяжных дождей. Причём во время половодья река в среднем каждые четыре года становится причиной затоплений жилых домов.

В Воронежской области река Криуша протекает по территории Калачеевского и Петропавловского районов вдоль следующих населённых пунктов:

- Калачеевский район: с. Скрипниково, с. Новая Криуша;
- Петропавловский район: с. Старая Криуша, с. Новотроицкое, с. Фоменково, х. Александровка, с. Новобогородицкое, х. Гондарёв, с. Петропавловка.

Уклон реки достаточно большой – 1,7 %, на отдельных участках, например, у с. Старая Криуша, 2,6 %. Поэтому река быстро мелеет и прерывается без достаточной водоподачи (расхода). Данная специфика реки способствует быстрому её зарастанию, этому же способствуют многочисленные переходы через реку в сёлах, которые в большинстве своём с малой пропускной способностью. Таких сельских переходов 14, а автодорожных (на дорогах областного значения) только 3.

Последняя попытка расчистки реки в 2010 г. существенного улучшения гидрологической обстановки во время половодья не улучшила.

В базе данных Главного управления МЧС России зафиксированы случаи затоплений населённых пунктов:

03.04.2006 в с. Старая Криуша в зоне затопления оказались подворья 82 домов, один человек эвакуирован;

24.03.2010 в с. Старая Криуша произведено рыхление льда взрывчаткой для уменьшения риска возникновения ледовых заторов;

20.03.2012 в с. Новотроицкое произведено рыхление льда взрывчаткой для уменьшения риска возникновения ледовых заторов;

03.04.2012 в с. Старая Криуша в зоне затопления оказались подворья 250 домов с населением около 0,5 тыс. чел., организована лодочная переправа, задействовано было 5 лодок;

28.03.2018 в с. Петропавловка в зоне затопления оказались подворья 3 приусадебных участка;

01.04.2018 в с. Петропавловка стоковыми водами, пришедшими со склонов долины реки затоплены приусадебные участки на трёх улицах села.

Как итог рассмотрения антропогенного давления на реку Криуша: временный водоток, протекающий вдоль сёл обладает повышенными рисками затоплений селитебных территорий, чем постоянный водоток со схожими морфометрическими характеристиками ввиду малой водопропускной способности русла и поймы реки.

#### Река Богучарка.

Река Богучарка протекает в степной зоне Среднерусской возвышенности. Юг Воронежской области отличается бедными землями, здесь плодородные земли находятся лишь на склонах многочисленных холмов и их подножьях, суходолах, пойменных участков рек, поэтому распаханность водосборной площади реки невелика.

В таких условиях, что естественно, населённые пункты тяготеют к водотокам. Это главная особенность реки Богучарка. Практически от истока с перерывом в 1 – 3 км располагаются заселённые территории по обеим сторонам реки.

Исток реки находится юго-западнее в 3 км от с. Новомарковка. От истока реки русло канализовано на протяжении всего села на расстояние 6 км.

Длина реки составляет 101 км, бассейн – 1022 км<sup>2</sup>. В Богучарку впадает 21 река длиной более 10 км. Наиболее большие из них: Левая Богучарка (длина – 61 км, бассейн – 1100 км<sup>2</sup>) и Кантемировка (длина – 27 км, бассейн – 452 км<sup>2</sup>). Особенностью реки является также наличие большого количества временных водотоков, возникающих во время активного снеготаяния, затяжных дождей и ливней, их 85. Большое количество притоков постоянных и временных объясняется прежде всего рельефом и складывающими его грунтами. Геологическая основа долины содержит в себе мела и мергели верхнемелового возраста (рис. 2).

Долина реки является глубокой, однако средний уклон реки составляет 1,2 ‰, что по сравнению, например, с Криушей меньше в 1,4 раза, поэтому водоток является постоянным несмотря на схожесть географических условий. Долина реки корытообразная с бортами слева – 20 ± 30 м, справа – 10 ± 15 м.

По имеющимся сведениям [39] в годы Первой мировой войны прошло заиление реки мощными овражными выносами, очевидно, в это время борьба с оврагами была приостановлена. После чего произошло заболачивание реки на протяжении более 40 км. В настоящее время пойма реки заболочена от с. Смаглеевки до г. Богучара, ширина поймы в срединной части реки 1 км.

Вдоль реки располагается 19 населённых пунктов Кантемировского и Богучарского районов:

- Кантемировский район: с. Новомарковка, х. Казимировка, с. Касьяновка, пос. Охрового завода, с. Смаглеевка, с. Скнаровка, с. Бугаёвка, с. Чехуровка, с. Талы, с. Писаревка;
- Богучарский район: х. Краснодар, с. Данцевка, с. Луговое, с. Твердохлебовка, с. Расковка, с. Верееевка, с. Поповка, г. Богучар, с. Залиман.

Заболачивание реки распространяется всё шире, например, заболачивание распространилось в с. Твердохлебовку вверх по суходолу заходящему в пойму Богучарки с левой стороны. Село расположено вдоль протяжённого суходола, при разливе Богучарки вода заходит в село, дренажный канал в селе зарос древесно-кустарниковой растительностью и камышом, также заболочен. В связи с этим приходящие стоковые воды вдоль протяжённой балки значительны. Длина балки около 20 км, водосборная площадь 220 км<sup>2</sup>. Стоковыми водами при активном снеготаянии либо ливневых осадках затапливаются уличные дороги в селе, а при совпадении с этим временно возникающим водотоком подъёма уровня в реке Богучарка ситуация становится кризисной, река подпирает водоток дренажного канала. При 2 % обеспеченности половодья река Богучарка заходит в суходол через отверстие под мостом дороги, соединяющей противоположные стороны села относительного дренажного канала. В этом случае происходит затопление ряда жилых строений даже если стока по рассматриваемой балке нет.

Село Твердохлебовка требует инженерной защиты, в первую очередь, сооружение моста через дренажный канал впадающий в Богучарку с

регулируемым отверстием под ним, т.е. в случае прихода большой воды от реки закрывать отверстие, например, шандорами, если половодье на реке и сток по балке разнесены по времени.

#### Левая Богучарка.

Левая Богучарка является основным притоком реки Богучарка, являясь её правым притоком и впадая в главную реку на 8,6 км от устья. Длина Левой Богучарки – 61 км, площадь бассейна – 1110 км<sup>2</sup> [19].

Слагающие породы геологическое основание долины реки представляются мелом и мергелем верхнемелового возраста (рис. 2). Геологическая основа способствует карстообразованию на водосборе. В долине р. Левая Богучарка в районе сёл Полтавка и Купянка Богучарского района, а также в истоке реки у с. Титарёвка в Кантемировском районе легко обнаруживаются по космоснимку карстовые озёра. Достаточно крупные три таких озера находятся западнее с. Титарёвка.

Левый берег р. Левая Богучарка более крутой. Гидрографическая сеть также как у р. Богучарка густая и хорошо развитая, однако маловодная, особенно в межень. Всего впадает в Левую Богучарку 8 рек длиной более 10 км.

Географическая зона расположения р. Левая Богучарка является засушливой. Здесь водотоки с площадью водосбора 500 ± 600 км<sup>2</sup> летом чаще всего пересыхают [19]. Левая Богучарка может пересохнуть на участках перекатов при глубоких засухах. Этому способствуют следующие антропогенные признаки, влияющие на экологическое состояние реки и её водность.

В долине реки располагаются 12 населённых пунктов:

- Кантемировский район: с. Титарёвка, с. Ивановка;
- Богучарский район: х. Марьевка, с. Шуриновка, х. Варваровка, с. Липчанка, с. Радченское, х. Дядин, с. Полтавка, с. Купянка, г. Богучар, с. Дьяченково.

Реку пересекают 6 мостовых перехода.

В Кантемировском районе непосредственно на реке располагаются два водоёма, имеющие в общем посчитанное зеркало испарения 1,61 км<sup>2</sup>, что в пересчёте на величину испарения с зеркала водоёмов по аналогии с проведёнными расчётами по р. Мамоновке у реки отнимается до 0,1 м<sup>3</sup>/с в летнюю межень. И это только на испарение! Между тем у реки Левая Богучарка исключительно малы минимальные расходы воды. В начале 1990-х гг. меженный летний минимум по реке был определён – в среднем 0,06 м<sup>3</sup>/с [19].

Очевидно, что часть водосбора реки Левая Богучарка в летнюю межень выше рыболовческих прудов у с. Ивановка, а именно, весь водосбор, находящийся в Кантемировском районе, в меженные сроки полностью выключается из общего стока наполнения реки. Это примерно четвёртая часть водосборной площади р. Левая Богучарка.

Река в ряде мест канализована каналами, очевидно, для использования земель в целях сельхозиспользования: между сёлами Радченское и Полтавка на двух участках по длине 2,6 и 3,7 км.

Природные факторы и значительное антропогенное давление на реку Левая Богучарка способствуют общей деградации реки, свойственной малым рекам в регионе.

## Заключение.

В монографии освещены вопросы антропогенного воздействия на основные реки Воронежской области, располагающиеся в трёх природных географических зонах региона: Среднерусской, Калачской и Окско-Донской. Гидрологические особенности рек рассматриваются в соответствии с общепринятым в регионе гидрологическим районированием с учётом рельефных и геологических особенностей речных водосборов: Девицкий, Воронежский, Битюго-Хопёрский, Чернокалитинский, Подгоренский. Всего проанализировано состояние 34 рек с рассмотрением отдельных особенностей, характерных и обуславливающих причин их деградации.

В книге представлены очерки рек с акцентом на антропогенное давление на них, указывается на произошедшие преобразования природных условий, раскрываются созданные гидрологические природно-технические системы.

В природных гидрологических системах в результате происходящих естественных процессов создаётся равновесное состояние между природными водопользователями и самой рекой. При этом не возникает ни истощения, ни загрязнения водотока либо водоёма.

Искусственные гидрологические системы, или в нашем случае преобразованные природные водные объекты, должны формироваться так, чтобы не возникало ни истощения, ни загрязнения, ни иного вредного воздействия вод. Если это не так, то требуется вводить дополнительные элементы в гидрологическую систему, снижающие или даже исключающие негативные последствия, т.е. требуется реализация природоохранных мероприятий.

Гидрологические ПТС потенциально либо сами привносят потенциальные техногенные риски либо внутри них увеличиваются риски различного генезиса, например, рост экологических рисков в Воронежском водохранилище, т.е. внутри ГПТС.

Проживающее население несогласно со сложившимся положением дел с реками в Российской Федерации и в нашем регионе, чему свидетельствует Водная стратегия Российской Федерации [56], нацеленная на «рациональное использование водных ресурсов, восстановление и охрану водных объектов и их водных ресурсов, предотвращения негативного воздействия вод, развитие водохозяйственного комплекса».

## Список литературы

1. Барышников Н.Б. Антропогенное воздействие на русловые процессы / Учебное пособие. – Л., изд. ЛГМИ, 1990. – 140 с.
2. Касимов Д.В., Пинаев В.Е. Рекультивация – водные объекты и суши / Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ». Том 9, №2 (март-апрель 2017), 9 с. – <http://naukovedenie.ru>.
3. Доклад о состоянии окружающей среды на территории Воронежской области в 2017 году / Правительство Воронежской области. Департамент природных ресурсов и экологии: Воронеж: АО «Воронежская областная типография», 2018. – 220 с.
4. Гагаринова О.В., Ковальчук О.А. Оценка антропогенных воздействий на ландшафтно-гидрологические комплексы / Институт географии СО РАН, г. Иркутск // Научный журнал «География и природные ресурсы». №3, 2010 г. – 151-156 С. – <http://www.izdatgeo.ru>.
5. Владимиров А.М., Орлов В.Г. Охрана и мониторинг поверхностных вод суши. Учебник. - СПб.: РГГМУ, 2009. – 220 с.
6. Пахмелкин А.В. Методическое обеспечение геоэкологической оценки деградации территорий речных бассейнов для устойчивого природопользования: автореферат докторской диссертации кандидата географических наук: 25.00.36 / Пахмелкин А.В.; [Место защиты: Воен. авиа. инженер. ун-т]. – Воронеж, 2011. – 24 с.
7. Шмакова М.В. Методика расчёта по аналитической формуле расходов наносов / Межвузовский научно-координационный совет по проблеме эрозионных, русловых и устьевых процессов при МГУ. Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова. Удмуртский государственный университет // Двадцать седьмое пленарное межвузовское координационное совещание по проблеме эрозионных, русловых и устьевых процессов. Доклады и сообщения. Ижевск, 8 – 12 октября 2012 г. – Ижевск: УГУ, 2012. – 206-207 С.
8. Паспортизация населённых пунктов и объектов хозяйствования по предупреждению чрезвычайных ситуаций от затопления и подтопления на территории Воронежской области. – Воронеж, ЦЧРГИПРОВОДХОЗ, 1994. – 169 с.
9. Водный кодекс Российской Федерации от 03.06.2006 №74-ФЗ (ред. от 27.12.2018).
10. СП 50.13330.2012 «СНиП 23-02-2003. Тепловая защита зданий».
11. Кузник И.А. Изменение речного стока под влиянием агротехнических мероприятий. – Водные ресурсы, №5, 1975. – С. 54-65.
12. В.В. Докучаев в борьбе с засухой / Классики естествознания. В.В. Докучаев, 1846 – 1903 // акад. В.Р. Вильямс, доц. З.С. Филиппович. – Москва-Ленинград, ОГИЗ-СЕЛЬХОЗГИЗ, 1936. – 117 с.
13. Соколов А.А. Гидрография СССР. – Л.: Гидрометеоиздат, 1952. – 287 с.

14. Карта реки Дон от города Георгиу-Деж до станицы Базковская / Карты и схемы судовых ходов. Раздел 5. Карта №3. – Волгоград: Управление Волго-Донского судоходного канала имени В.И. Ленина, 1979.
15. Доклад о государственном надзоре за использованием природных ресурсов и состоянием окружающей среды Воронежской области в 2015 году. – Воронеж, Управление Росприроднадзора по Воронежской области, 2016. – 136 с.
16. Джамалов Р.Г., Фролова Н.Л., Киреева М.Б., Телегина А.А. Изменения поверхностного и подземного стока рек России и их режимов в условиях нестационарного климата / Вестник РФФИ, №6(78) апрель – июнь 2013 г. // Тематический блок: Международный год водного сотрудничества. – М.: РФФИ, 2013. – 78-86 С.
17. Соколовский Д.Л. Речной сток. – Л.:Гидрометеоиздат,1968. – 540 с.
18. Фролова Н.Л., Нестеренко Д.П., Шенберг Н.В. Внутригодовое распределение стока России / Глобальные и региональные изменения природной среды. – М.: Вестник МГУ. Серия 5. География, 2010, №6. – 8-16 с.
19. Курдов А.Г. Водные ресурсы Воронежской области: формирование, антропогенное воздействие, охрана и расчёты. – Воронеж: Изд-во ВГУ, 1995. – 224 с.
20. Книга Большому Чертежу / Подготовка к печати и редакция К.Н. Сербинской // Академия наук СССР. Институт Истории. Ленинградское отделение. – Москва-Ленинград: Изд-во Академии наук СССР, 1950. – 229 с.
21. Бережная Т.В., Бережной А.В. Бассейновый подход в ландшафтных исследованиях (на примере реки Нижняя Девица). – Воронеж.: Вестник ВГУ. География, Геоэкология. 2001, №1. – 139-143 С.
22. Жердев В.Н., Бородкин А.Н. Геоэкологические проблемы малых рек ЦЧО (Формирование максимального стока, состояние и использование, охрана и управление): Монография. – Воронеж: Воронежский госпединиверситет, 2003. – 243 с.
23. Воронежское водохранилище. Основные положения правил использования водных ресурсов / Госстрой СССР. СоюзводоканалНИИпроект – Государственный Ордена Трудового Красного знамени проектный институт. Союзводоканалпроект – Ленинградское отделение. – Ленинград, 1973. – 15 с.
24. Руководство по военным низководным мостам / Утверждено Врио Начальника инженерных войск МО 5 ноября 1964 г. – М.: Военное изд-во МО СССР, 1965. – 506 с.
25. Пособие к СНиП 2.05.03-84 «Мосты и трубы» по изысканиям и проектированию железнодорожных и автодорожных мостовых переходов через водотоки (ПМП-91) / Всесоюзный Ордена Октябрьской революции научно-исследовательский институт транспортного строительства (ЦНИИС). – М.: Государственная корпорация «Трансстрой», 1992. – 315 с.
26. Мишон В.М: Река Воронеж и её бассейн: ресурсы и водно-экологические проблемы. – Воронеж: Изд-во ВГУ, 2000. – 296 с.
27. Сейдалиев Г.С., Косинова И.И., Соколова Т.В., Силкин К.Ю. Экологический менеджмент территории Воронежского водохранилища: Монография. – Воронеж: Истоки, 2017. – 186 с.
28. Приоритетные направления экологической реабилитации Воронежского водохранилища / Материалы всероссийской научно-практической конференции. г. Воронеж, 21.11.2012. – Воронеж: Издательство «Научная книга», 2012. – 416 с.
29. Приказ Минприроды РФ от 26.01.2011 №17 «Об утверждении Методических указаний по разработке правил использования водохранилищ» (Зарегистрировано в Минюсте РФ 04.05.2011 №20655).
30. Распоряжение Правительства РФ от 14.02.2009 №197-р (ред. от 28.08.2018) «О перечне водохранилищ».
31. Железняков Г.В. и др. Гидрология, гидрометрии и регулирование стока / Г.В. Железняков, Т.А. Неговская, Е.Е. Овчаров; под ред. Г.В. Железнякова. – М.: Колос, 1984. – 205 с.
32. Маслов Б.С., Минаев И.В., Губер К.В. Справочник по мелиорации / М.: Росагропромиздат, 1989. – 384 с.
33. ГОСТ 17.1.1.02-77 Охрана природы (ССОП). Гидросфера. Классификация водных объектов (с Изменением №1).
34. Голубев И.Г., Шванская И.А., Коноваленко Л.Ю., Лопатников М.В. рециклир отходов в АПК: справочник. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2011. – 296 с.
35. Приказ МПР России от 22.05.2017 №242 (последн. изменения внесены приказом от 02.11.2018 №451) «Об утверждении Федерального классификационного каталога отходов». Приказ зарегистрирован в Минюсте РФ 08.06.2017, регистрационный №47008.
36. Инвестиционный паспорт Панинского муниципального района / Департамент экономического развития Воронежской области ОГБУ «Агентство по инвестициям и стратегическим проектам». – Воронеж, 2018. – 115 с.
36. Инвестиционный паспорт Аннинского муниципального района / Департамент экономического развития Воронежской области ОГБУ «Агентство по инвестициям и стратегическим проектам». – Воронеж, 2018. – 106 с.
37. Джамалов Р.Г., Медовар Ю.А., Юшманов И.О. Негативное влияние разработок медно-никелевых месторождений на водные ресурсы Прихоперья / Анализ, прогноз и управление природными рисками в современном мире: материалы 9-й Международной научно-практической конференции «ГЕОРИСК-2015»: в 2 т. / отв. ред. В.И. Осипов. Том 1. – Москва: РУДН, 2015. – С. 176-182.
38. Инвестиционный паспорт Новохопёрского муниципального района / Департамент экономического развития Воронежской области ОГБУ «Агентство по инвестициям и стратегическим проектам». – Воронеж, 2018. – 111 с.

39. Курдов А.Г. Реки Воронежской области (водный режим и охрана). – Воронеж: Изд-во ВГУ, 1984. – 164 с.
40. Постановление правительства РФ от 28.09.2009 №767 «О классификации автомобильных дорог в Российской Федерации».
41. СП 35.13330.2011 «Мосты и трубы. Актуализированная редакция СНиП 2.05.03-84».
42. Атлас. Воронежская область /ФГУП «Омская картографическая фабрика», 2010. – 56 с.
43. Инвестиционный паспорт Россосанского муниципального района / Департамент экономического развития Воронежской области ОГБУ «Агентство по инвестициям и стратегическим проектам». – Воронеж, 2018. – 168 с.
44. Инструкция по содержанию земляного полотна железнодорожного пути / Министерство путей сообщения Российской Федерации. Департамент пути и сооружений. Всероссийский научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта. ЦП-544. – М. Транспорт, 2000. – 191 с.
45. СП 342.1325800.2017 «Защита железнодорожного пути и сооружений от неблагоприятных природных явлений. Правила проектирования и строительства», утверждён приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 18.12.2017 №1681/пр и введён в действие с 19.06.2018.
46. Опыт обоснования расчётных максимумов дождевого стока для строительства внегородских автомобильных дорог / Центральное управление научно-технического общества автомобильного транспорта и дорожного хозяйства.
47. Информационный бюллетень о состоянии геологической среды на территории Воронежской области за 2010 год. Выпуск 16 / ТЦ «Тамбовгеомониторинг». ОАО «ГЕОЦЕНТР-МОСКВА». Департамент по недропользованию по ЦФО Федерального агентства по недропользованию РФ. – Воронеж: ТЦ «Тамбовгеомониторинг», 2011. – 164 с.
48. Информационный бюллетень о состоянии геологической среды на территории Воронежской области за 2013 год. Выпуск 19 / ТЦ «Воронежгеомониторинг». ОАО «ГЕОЦЕНТР-МОСКВА». Департамент по недропользованию по ЦФО Федерального агентства по недропользованию РФ. – Воронеж: ТЦ «Тамбовгеомониторинг», 2014. – 169 с.
49. Паспортизация населённых пунктов и объектов хозяйствования по предупреждению чрезвычайных ситуаций от затопления и подтопления на территории Воронежской области / АООТ Центрально-Чернозёмный региональный институт по проектированию водохозяйственного и мелиоративного строительства. Министерство сельского хозяйства России. – г. Воронеж, ЦЧРГипроводхоз, 1994. – 169 с.
50. Приказ МПР РФ от 30.11.2007 №314 «Об утверждении Методики расчёта водохозяйственных балансов водных объектов».
51. Информационный бюллетень о состоянии геологической среды на территории Воронежской области за 2012 год. Выпуск 18 / ТЦ «Воронежгеомониторинг». ОАО «ГЕОЦЕНТР-МОСКВА». Департамент по недропользованию по ЦФО Федерального агентства по недропользованию РФ. – Воронеж: ТЦ «Тамбовгеомониторинг», 2013. – 141 с.
52. Программный комплекс обработки инженерных изысканий, цифрового моделирования местности, проектирования генпланов и автомобильных дорог. Морфоствор 1.0. Обработка гидрологических данных по морфостворам рек. Руководство пользователя. – М.: ООО «Компания «Кредо-Диалог», 2015. – 15 с.
53. Пособие к СНиП 2.05.03-84 «Мосты и трубы» по изысканиям и проектированию железнодорожных и автодорожных мостовых переходов через водотоки (ПМП-91). – М., «ПКТИтрансстрой», 1992. – 425 с.
54. Указания по расчёту испарения с поверхности водоёмов. Утверждены Главным управлением гидрометеорологической службы при Совете Министров СССР 04.09.1969, Министерством энергетики и электрификации СССР 05.09.1969, Министерством мелиорации и водного хозяйства СССР 05.09.1969. – Ленинград, 1969. – 83 с.
55. Зайков Б.Д. Испарение с водной поверхности прудов и малых водохранилищ на территории СССР / Б. Д. Зайков // Труды ГГИ. – Л., 1949. – Вып. 21(75). – 54 с.
56. Распоряжение правительства РФ от 27.08.2009 №1235-р «Об утверждении Водной стратегии Российской Федерации на период до 2020 года и плана мероприятий по её реализации» (с изменениями на 17.04.2012).

Научное издание

**Разиньков Николай Дмитриевич  
Овчинникова Татьяна Валентиновна  
Куприенко Павел Сергеевич  
Ашихмина Татьяна Валентиновна  
Корпусов Артём Юрьевич**

**Гидрологические ПТС: проблемы и  
региональный опыт управления**

**Монография**

Публикуется в авторской редакции

Подписано в печать 25.09.2019 г.  
Формат 60x84/16. Усл. печ. л. 8,25.  
Бумага офсетная. Тираж 150 экз.  
Заказ № 1293.

Издательство ООО «Цифровая полиграфия»  
394036, г. Воронеж, ул. Ф. Энгельса, д. 52  
Тел. (473) 261-03-61, e-mail: [zakaz@print36.ru](mailto:zakaz@print36.ru)  
[Http://www.print36.ru](http://www.print36.ru)

Отпечатано с готового оригинал-макета  
В ООО «Цифровая полиграфия»