

ПРОБЛЕМЫ ДОБЫЧИ, ПЕРЕРАБОТКИ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ И ЗАЩИТЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

УДК 04.61+51-7

ИССЛЕДОВАНИЕ СЕЗОННОЙ ДИНАМИКИ ВОДОЗАБОРОВ РУСЛОВЫХ РЕК (НА ПРИМЕРЕ ТВЕРСКОЙ ОБЛАСТИ)

П.Д. Иванова, Е.В. Борисова

© Иванова П.Д., Борисова Е.В., 2025

Аннотация. Представлены результаты исследования доступности качественной питьевой воды с водозаборов в отдельных районах Тверской области. Проанализированы региональные водные ресурсы, выступающие в качестве естественных источников питьевой воды. Определены основные факторы, влияющие на водозабор. Реализованы модельные расчеты динамики объемов городских водозаборов для двух районов. Предложены способы снижения бытового и техногенного давления на водные ресурсы.

Ключевые слова: водный ресурс, обеспеченность, качество воды, междисциплинарность.

Введение

Тверская область – регион, богатый водными ресурсами. По северо-западной части области проходит главный водораздел – Валдайская возвышенность. Основная площадь всех озер (96,8 %) находится на проточные и сточные указанные водные объекты. Наиболее крупными из озер являются Селигер, Стерж, Кафтино, Великое. Большинство региональных озер образовались в результате деятельности ледников и талых вод. Некоторые (Селигер, Кафтино) имеют тектоническое происхождение: их котловины возникли в результате прогибов земной коры, обработанных впоследствии ледником.

Цели исследования: анализ водных ресурсов как естественных источников питьевой воды для жителей Тверской области; исследование влияния на экосистемы территории организованных водозаборов в отдельных районах Тверской области; определение направлений снижения техногенного давления на водные ресурсы.

Задачи:

изучить запасы и объемы используемой воды с учетом района области;

выявить сезонные вариации режимов водозаборов в свете бытовых и производственных потребностей;

предложить аргументированный перечень мероприятий, направленных на минимизацию рисков негативных экологических последствий для русловых речных экосистем, обеспечивающих городские водозаборы.

Методы исследования: анализ информационных источников и архивных статистических данных, математическое моделирование и вычислительный эксперимент; междисциплинарные методы оценки влияющих факторов.

Основные результаты

Вода – это жизненно важный ресурс, играющий ключевую роль в биологическом существовании и технологическом развитии человечества. Проблемы добычи и потребления воды являются актуальными, обладают множеством аспектов, требующих серьезного внимания со стороны ученых, государственных структур и общества в целом. Основной водный фонд России составляют реки. Подземная вода, выходящая на поверхность в виде восходящих и нисходящих родников, добывается при помощи кранажа, а не выходящая на поверхность – с применением шахтных колодцев и водозаборных скважин.

Водозабор (водозаборное сооружение) – это гидротехнические конструкции для отбора воды из водоема, водотока или подземного водного объекта в целях промышленного и хозяйственно-питьевого водоснабжения. Различают водозаборы поверхностных и подземных вод. Первые бывают двух типов (водоприемники берегового типа, располагающиеся на склоне и откачивающие воду насосами через всасывающие трубы непосредственно из русла, и руслового, которые состоят из приемного оголовка в русле реки, откуда вода по самотечным линиям поступает в береговой колодец и далее откачивается насосом).

Для отбора подземных вод используют водозаборы вертикальные (скважины, шахтные колодцы); горизонтальные (траншевые и трубчатые, галереи, штолни; кяризы – комбинации штолен и шахтных колодцев); лучевые; кранажи родников. Надежность забора воды заданного расхода и качества зависит в первую очередь от местных природных условий избранного участка водотока.

Основные факторы, влияющие на водозабор:

1. Климатические: объемы осадков, температурные режимы и сезонные изменения (особенно сказываются на уровне воды в реках).

2. Гидрологические: уровень грунтовых вод, течение и скорость течения реки, наличие водохранилищ и плотин.

3. Связанные с деятельностью людей: сельскохозяйственной (активный забор для полива сельскохозяйственных культур может значительно уменьшать уровень воды в реках); промышленной (предприятия отбирают неконтролируемо большие объемы воды для удовлетворения производственных нужд); градостроительной (в ходе ее реализации меняют русла рек, воздействует на водосборные площади).

4. Экологические (состояние пойменных и береговых экосистем оказывает влияние на объем растительности вдоль берегов и на биоразнообразие).

5. Загрязнение рек (приводит к ограничениям водозабора из-за снижения безопасности питьевой воды).

6. Потребности населения (особенно здесь важно увеличение потребления воды для удовлетворения бытовых и садово-огородных нужд).

7. Правовые (включают в себя законы и нормы, касающиеся использования водных ресурсов, водозаборное регулирование и ограничение).

8. Технические: инфраструктура, оборудование для водозабора и его состояние (к такому оборудованию принадлежат насосные станции, очистные сооружения и т. д.).

Интенсивная, хищническая добыча воды может привести к негативным экологическим последствиям для речных экосистем. Наиболее существенными из них являются уменьшение речного стока; проседание почвы; сокращение видового разнообразия растительности вследствие снижения уровня грунтовых вод; развитие карстовых процессов. чрезмерная откачка воды (может спровоцировать процесс апвеллинга, т. е. притока высокоминерализованных, глубоко залегающих грунтовых вод в пресные водоносные горизонты); значительный подъем уровня грунтовых вод, вызванный нерациональной деятельностью человека (данный подъем порождает подтопление инфраструктуры); истощение водных ресурсов (оно влечет за собой ухудшение качества воды и возрастание рисков инфекционных заболеваний вследствие употребления некачественной воды).

Для моделирования выберем районы с наибольшими и наименьшими показателями суточного объема добываемой воды и, применяя полученные знания в области гидрологии и водного хозяйства, поставим междисциплинарную задачу с целью нахождения вариантов рациональной организации водозабора в выбранных районах.

При анализе архивной информации об объемах воды, потребляемой в каждом районе, была обнаружена проблема неполноты информации. Были проанализированы доступные значения гидрологических архивов, методами фрагментарной интерполяции выявлена закономерность в определении затрачиваемого количества воды в сутки. Учитывая погрешность для суммарной добычи из русловых источников, равную 5 %,

построили исходя из количества населения и нормы показателя потребления воды в сутки на человека модельную формулу:

$$\text{вода / сут} = (\text{население} \cdot 6,9 \cdot 5) / 100, \quad (1)$$

где 6,9 – норма показателя воды за сутки.

По формуле (1) с учетом архивных данных получили расчетные значения, на основании которых составили диаграмму среднесуточного количества воды, добываемой в различных районах Тверской области (рис. 1).

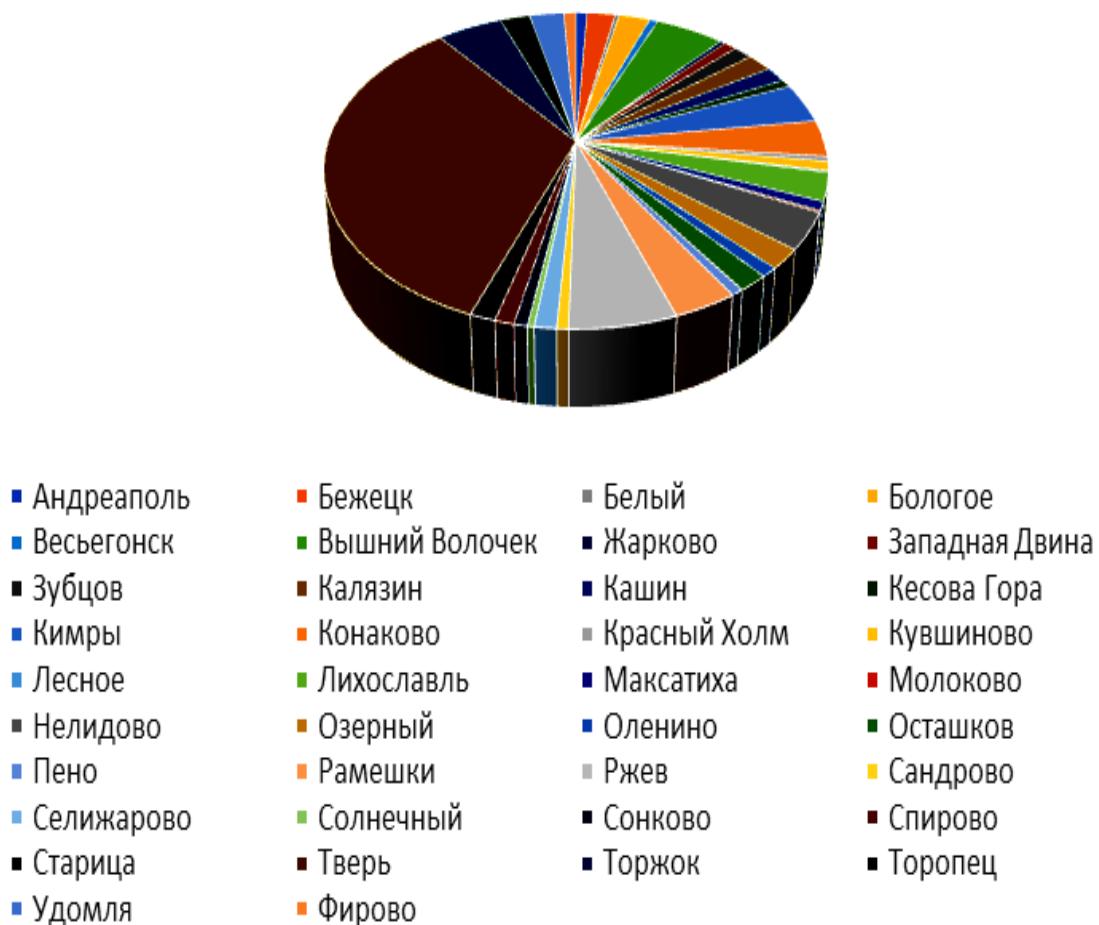


Рис. 1. Соотношение среднесуточного количества воды, потребляемой в разных районах Тверской области

Для продолжения моделирования выбрали районы с наибольшими и наименьшими показателями суточного объема потребляемой воды и, применив полученные знания в области гидрологии и водного хозяйства, поставили междисциплинарную задачу с целью нахождения вариантов организации водозабора в выбранных районах. В табл. 1 представлены сводные данные, касающиеся численности жителей районов области, и

модальные значения водозабора в этих стратах (элементах социальной структуры, объединенных территорией проживания).

Таблица 1

**Средние значения объема водозабора
в зависимости от численности населения и района**

Население, тыс. чел.	Районные центры Тверской области	Модальное значение водозабора ($\text{м}^3/\text{сут}$)
Менее 5	Белый, Жарково, Красный Холм, Лесное, Молоково, Солнечный	1 724,31
От 5 до 10	Андреаполь, Весьегонск, Западная Двина, Кесова Гора, Кувшиново, Максатиха, Оленино, Пено, Сандово, Санково, Фирово	3 244,88
От 10 до 15	Зубцов, Селижарово, Спирово, Старица	4 992,15
От 15 до 20	Калязин, Кашин, Озерный, Осташков	6 866,095
От 20 до 25	Бежецк, Бологое, Торопец	8 105,43
От 25 до 30	Лихославль, Удомля	9 829,74
От 30 до 50	Кимры, Конаково, Нелидово, Рамешки	14 201,26
Более 50	Вышний Волочек, Торжок, Ржев	20 000
Более 300	Тверь	115 000

В ходе информационно-аналитического поиска установили районы Тверской области с большим и наименьшим водозаборами: Калининский (самый густонаселенный) и Лесной (оба выделены штриховкой на рис. 2а). В состав Калининского района входит областной центр – город Тверь – с населением более 333 000 чел., а вот Лесное – маленькое поселение, которое до середины XIX века являлось деревней (сегодня в нем проживает 1 666 чел.). В целях репрезентативного сравнения этот исследовательский объект заменен на Кашинский район, который напоминает Калининский в плане рельефа, лесистости, речной сети (эти факторы обусловливают схожие климатические и гидрологические условия). Удельное количество добываемой воды в вышеназванном районе сопоставимо с таким объемом по Лесному району.

На рис. 2б показаны (с учетом сведений табл. 1) выбранные для исследований районы области [9].



Рис. 2. Районы Тверской области: а – с большим и наименьшим водозаборами (шриховка); б – выбранные для изучения (штриховка)

Калининский район и город Тверь снабжаются питьевой водой из трех водозаборных сооружений: тверецкого, медновского и городского. На первом из них добывают воды верхне- и среднекаменноугольного водоносных комплексов, на втором – средне- и нижнекаменноугольного. На городском водозаборе эксплуатационные скважины оборудованы на всех трех продуктивных комплексах каменноугольных отложений. Этот водозабор содержит 28 эксплуатационных скважин, расположенных на 25 узлах. Тверецкий водозабор представляет собой линейный ряд длиной около 5 км с 45 скважинами. Медновский водозабор расположен в 26 км (в деревне Глинки) выше по течению реки Тверцы и представляет собой линейный ряд площадок общей длиной около 12,5 км. В каждом павильоне расположено по две скважины (мелкие (до 50 м) и глубокие (до 150 м)). Воду качают с глубины 110–140 м и по трубам диаметром 600 мм подают ее на станцию водоподготовки. Все водозаборные сооружения русловые.

Длина реки Тверцы – 188 км, площадь бассейна составляет 6 510 км² (без учета водосбора Вышневолоцкого водохранилища, из которого в Тверцу попадает до 80 % стока Цны). По этим показателям река является шестнадцатой (принимая во внимание площадь бассейна) и двадцать шестой (если при этом брать в расчет длину притоков Волги). В бассейне насчитывается 269 озер и водохранилищ суммарной площадью 13,6 км²; лесистость бассейна составляет 45 %, болотистость – 3 %. За городом Торжком меняет направление с меридионального на широтное и, уходя на восток, течет по равнине, покрытой хвойными и смешанными лесами. В нижнем течении (районе города Твери) долина имеет расплывчатую форму. Пойма шириной 200–300 м сливается с надпойменной террасой. Ширина русла в 9-километровой зоне подпора от Волги – 80 м.

Вскрывается в первой половине апреля, ледоход длится 3–4 дня, весеннеев половодье – 1–1,5 мес. (до 40 % годового стока). Питание смешанное, однако основным источником выступают талые воды. По данным Государственного водного реестра Российской Федерации, река относится к Верхневолжскому бассейновому округу. Для изучения в Калининском районе выбран Медновский водозабор как самый протяженный на русловой реке Тверце.

В Кашинском районе основной источник питьевой воды – река Кашинка (левый приток Волги). Длина реки – 128 км, площадь водосборного бассейна – 661 км² [3]. Долина реки слабо врезана, узкая в верховьях, расширяется в среднем течении. Ширина поймы – 100–150 м, глубина составляет 1–2 м. В верхнем течении ширина русла 5–10 м, перед городом Кашино увеличивается до 30–50 м. В нижнем течении из-за подпора Угличского водохранилища на Волге ширина достигает 500–800 м. Течение слабое; во второй половине лета река сильно зарастает. Средний годовой расход воды равен 4,5 м³/с. До конца 1990-х годов была судоходна на протяжении 19 км (от города Кашина до устья). На рис. 3 показана существующая схема водоснабжения Кашинского района и города Кашина.



Рис. 3. Схема водоснабжения Кашинского района [6]

В исследовательских целях проведены геофильтрационные расчеты, с помощью которых обосновали режим и баланс водозаборов подземных вод выбранных районов. Поскольку водозаборы подземных вод, как правило, устраиваются из вертикальных скважин, то расчеты этих вод сводятся к определению систем вертикальных скважин. Системы, состоящие из небольшого числа водозаборных скважин и (или) характеризующиеся крайне неоднородным строением эксплуатируемых водоносных горизонтов, имеют неупорядоченное расположение в плане; при большом количестве водозаборных скважин указанные системы отмечают на графике контурными линиями (линейными, кольцевыми или площадными).

Перед проведением расчетов по архивным материалам изысканий составили геофильтрационную схему водоносных горизонтов района водозабора. Затем задали систему водозаборных скважин исходя из гидрогеологических и технико-экономических соображений (ограничений). Потом установили конструктивные размеры водозаборных скважин и допустимое понижение уровня воды этих скважин. В конце определили режим работы водозабора (оборудованные глубинными насосами скважины будут действовать при постоянном дебите (объеме продукции, добываемой из скважины за единицу времени), соответствующем оптимальной производительности установленного насосного оборудования. Открытые самоизливающие скважины, как правило, функционируют при режиме постоянного напора (понижения)).

Модельный расчет водозабора в пределах участках его расположения (в скважинах) реализован по преобразованной формуле Дюпюи и Гиринского:

$$S_i = \frac{Q_i}{T} \times (f_i^0 + f_R), \quad (2)$$

где S_i – водозабор ($\text{м}^3/\text{сут}$); Q_i – постоянный дебит (м^3); T – средняя проводимость потока ($\text{м}/\text{с}$, $\text{км}/\text{с}$); f_i^0 – безразмерное понижение от действия скважины в однородном неограниченном пласте; f_R – общее безразмерное понижение в вышеназванном пласте.

Безразмерное понижение от действия скважины в однородном неограниченном пласте находили по формуле

$$f_i^0 = \frac{1}{2\pi} \times \ln \frac{1,5\sqrt{a \times t}}{r_i},$$

где a – коэффициент уровнепроводности по типам почв; t – параметр времени (сут); r_i – расстояние понижения уровня воды (м, км).

Исходные данные для переменных, входящих в расчетные формулы, представлены в табл. 2.

Таблица 2

Данные для расчета медновского и кашинского водозаборов

Вычисляемые переменные	Значения для водозабора	
	медновского	кашинского
Q_i	75 000	5 800
T	0,868	0,067 1
f_R	25	25
a	0,55	0,55
r_i	25 862	1 957
f_i^0	-1,6	-1,19

В модельном варианте значение водозабора S_i для медновской системы составило $2,022 \cdot 10$ ($\text{м}^3/\text{сут}$), кашинской – $2,058 \cdot 10^6$ ($\text{м}^3/\text{сут}$), что говорит о сопоставимости объектов. Поскольку в течение года вода меняет свои агрегатные состояния, варьируется и режим водозабора:

1. Весна: повышение водозабора (на 20–50 % по сравнению с зимой).
2. Лето: максимальное потребление воды (100 %).
3. Осень: снижение водозабора (на 20–40 % по сравнению с летом).
4. Зима: минимальное потребление воды (на 70–90 % ниже, чем в летний период).

Модельные расчеты выполнены с ограничениями (для одних суток и идеальных условий).

С целью оценки изменения водозабора в зависимости от квартальных вариаций дебита исследуемых объектов (медновского и кашинского водозаборов) выполнили расчеты, используя формулу (2). По результатам расчетов составили табл. 3.

Таблица 3

Динамика объемов потребления воды
на медновском и кашинском водозаборах

Номер суток	Объем воды, $\text{м}^3/\text{сут}$	
	Медновский водозабор	Кашинский водозабор
1	$1,213 \cdot 10^6$	$0,206 \cdot 10^6$
90	$0,307 \cdot 10^6$	$0,313 \cdot 10^6$
181	$2,057 \cdot 10^6$	$2,094 \cdot 10^6$
272	$1,236 \cdot 10^6$	$1,258 \cdot 10^6$
364	$0,206 \cdot 10^6$	$0,209 \cdot 10^6$

На рис. 4 приведено графическое представление динамики объемов водозабора (количества изымаемой воды) за модельный период, равный одному году.

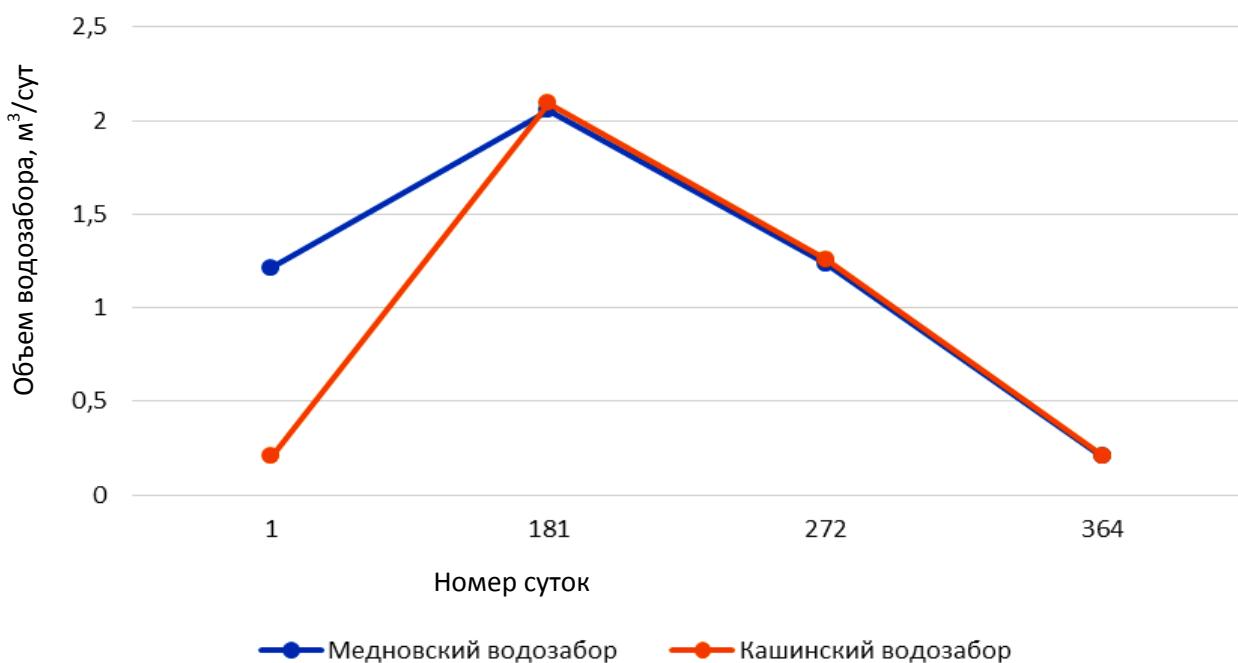


Рис. 4. Зависимость квартальных объемов водозабора от сезона (по числу дней) в Медновском и Кашинском районах

Анализ построенных графиков позволил сделать вывод, что водозабор в изучаемых районах в весенний период значительно отличается. Это связано со скоростью расхода воды (в Кашинском районе она равна 1–5 м³/с, в Калининском – 50–100 м³/с), обусловленной числом потребителей. В середине года водозаборы приходят в равновесие, и подобное состояние сохраняется до таяния снега.

Природные источники воды являются важнейшей из внешних (ассоциированных) систем водоснабжения. Потеря воды представляет собой наиболее серьезную опасность по сравнению с возможными отказами элементов системы водоснабжения, поэтому надежная оценка и соответствующие мероприятия по обеспечению воды в источнике, намеченного к использованию, – задачи первостепенной важности, решение которых гарантирует экологическую безопасность водоснабжения.

Графики расчетных значений демонстрируют, что водозаборы Медновского и Кашинского районов уравниваются к концу года, когда реки замерзают. Подчеркнем, что медновский водозабор обеспечивает 1/3 часть питания Калининского района, а в Кашинском районе система коммунального водоснабжения удовлетворяет потребность в воде лишь на 60 %; остальные 40 % население добывает своими силами.

Существуют, несмотря на благоприятный прогноз (согласно графикам) рассматриваемых водозаборов, проблемы, касающиеся качества забираемой воды. Водозабор города Кашина строился с 1963 года по 1988 год в три этапа. Забор воды из реки Кашинки составляет 5,0–5,8 тыс. м³/сут. Однако обеспечить гарантированное 100%-е снабжение питьевой водой потребителей в течение всего года не представляется возможным по ряду причин:

1. Современное состояние производственной базы (водозабора, водопроводных сетей) не позволяет создавать требуемый напор воды в трубопроводах отдельных участков города, а также многоэтажных домов. Во всех подобных домах установлены подкачивающие насосы.

2. Забор воды из поверхностного источника (реки Кашинки) требует дополнительных работ по очистке воды в период дождей и весеннего паводка, что при описанном состоянии указанной базы снижает производительность водозабора в эти периоды. Зачастую в отмеченные периоды питьевая вода, подаваемая в город, не соответствует нормам СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества».

3. Вода содержит большое количество железа (до 0,6 мг/л) и имеет повышенную общую жесткость (до 8 мг-экв/л). Существующая технология очистки воды не позволяет довести значение данных показателей в питьевой воде до нормы.

Для разрешения перечисленных проблем можно предложить следующие действия:

1. Увеличить финансирование района путем признания данной проблемы государственными органами по охране и обеспечению безопасности водных ресурсов России.

2. При заборе воды помещать ее в специальные резервуары и кипятить около 15 мин. Это необходимо для выпадения железа в осадок в виде взвеси вместе с другими растворенными минеральными компонентами, которые необходимо удалять из резервуаров с водой как минимум 2 раза в неделю.

3. Установить дополнительные фильтры для очистки воды. Не нужно покупать дорогие, современные фильтры: можно применить обычные угольные, которые очищают воду от вредных примесей (в первую очередь от хлора, добавляемого очистными сооружениями городов) и избавляют от неприятного запаха, вкуса и бактерий, попавших в воду.

В ходе исследования мы обнаружили ряд проблем, характерных для медновского водозабора и непосредственно связанных с рекой Тверцой:

1. Затопление кладбища в период паводков, половодий у Церкви Казанской иконы Божией Матери (недалеко от кладбища располагается вышеназванный водозабор, который питает водой часть областного центра.

Кроме этого, район Медного славится своими родниками, а они тоже могут быть загрязнены, если вода будет долго стоять на могилах).

2. Медновский молочный завод сливает отходы в реку и данное действие никак не контролируется.

3. С 2023 года участились случаи несанкционированного сброса отходов в реку. О таких случаях местные жители сообщают в социальных сетях и на сайтах органов управления (рис. 5).



Рис. 5. Пример жалобы местных жителей на сброс отходов [10]

Мероприятия, которые дадут возможность уменьшить остроту указанных проблем:

1. Строительство водонепроницаемых сооружений вокруг кладбищ либо замена грунта на глину, чтобы вода не отравляла подземные воды. В зимний период обязательная уборка снега на территории кладбищ.

2. Привлечение к ответственности руководителей промышленных предприятий, которые не организуют очистку сточных вод и сбрасывают производственные отходы в реки.

3. Разработка постоянных природоохранных мероприятий, которые будут проводиться в прибрежной зоне реки, особенно тщательно вблизи водозабора.

Заключение

В ходе проведенного исследования были рассмотрены различные экологические аспекты, связанные с водозаборами.

Неправильно организованные и неэффективные системы водозaborа могут привести к серьезным экологическим проблемам, таким как истощение водных ресурсов, ухудшение качества воды, разрушение экосистем. Социальные последствия также нельзя игнорировать: нехватка воды может вызывать конфликты между различными пользователями ресурсов, а ее плохое состояние подорвет здоровье населения. Отметим, что изменение климата оказывает значительное влияние на доступность водных ресурсов, поэтому необходимо внедрять современные технологии и стабильно реализовывать практики управления водозаборами. Эффективная организация последних требует применения комплексного подхода, в рамках которого учитываются как экологические, так и социальные аспекты. Благодаря всему этому появится возможность обеспечить устойчивое возобновление водных ресурсов, которые использует настоящее поколение и будет потреблять будущее.

Библиографический список

1. Шестаков В.М. Динамика подземных вод. М.: Издательство Московского у-та, 1979. 368 с.
2. Водоснабжение Твери. URL: <https://dc-region.ru/vodosnabzheniye-tveri> (дата обращения: 19.01.2025).
3. Почвы Тверской области. URL: <https://ppt-online.org/262705> (дата обращения: 19.01.2025).
4. Тверца. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B2%D0%B5%D1%80%D1%86%D0%B0> (дата обращения: 20.01.2025).
5. Кашинка. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BD%D1%88%D0%B0%D8%BD%D0%BA%D0%BD%D0%B0> (дата обращения: 21.01.2025).
6. Схемы теплоснабжения, водоснабжения и водоотведения МО «Городское поселение – город Кашин». URL: <https://www.kashin.info/zhkhk/154-skhemy-teplosnabzheniya-vodosnabzheniya-i-vodootvedeniya-mo-gorodskoe-poselenie-gorod-kashin> (дата обращения: 22.01.2025).
7. Водозабор. URL: <https://neftegaz.ru/tech-library/geology/147920-vodozabory/> (дата обращения: 22.01.2025).
8. Водные ресурсы, наличие рек, озер. Тверская область. URL: <https://nbcrs.org/regions/tverskaya-oblast/vodnye-resursy-nalichie-rek-ozer> (дата обращения: 22.01.2025).
9. Тверское туристическое агентство «СПУТНИК». Тверская область. URL: <https://sputnik-tver.ru/tverskaya-oblast.html> (дата обращения: 22.01.2025).

10. ТИА Новости Твери и Тверской области. URL: https://m.vk.com/wall-29146482_964576?offset=1&reply=964584 (дата обращения: 23.01.2025).

STUDY OF SEASONAL DYNAMICS OF WATER INTAKE OF CHANNEL RIVERS (ON THE EXAMPLE OF TVER REGION)

P.D. Ivanova, E.V. Borisova

Abstract. *The results of a study on the availability of high-quality drinking water from water intakes in certain districts of the Tver region are presented. The analysis of regional water resources acting as natural sources of drinking water is presented. The main factors influencing water intake have been identified. Model calculations of the dynamics of urban water intake volumes for two districts have been implemented. Ways to reduce domestic and man-made pressure on water resources are proposed.*

Keywords: *water resource, water availability, quality, interdisciplinarity.*

Об авторах:

ИВАНОВА Полина Дмитриевна – магистрант, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: elenborisov@mail.ru

БОРИСОВА Елена Владимировна – доктор педагогических наук, профессор, профессор кафедры высшей математики, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: elenborisov@mail.ru

About the authors:

IVANOVA Polina Dmitrievna – Master's Student, Tver State Technical University, Tver. E-mail: elenborisov@mail.ru

BORISOVA Elena Vladimirovna – Doctor of Pedagogical Sciences, Certified Professor, Professor of the Department of Higher Mathematics, Tver State Technical University, Tver. E-mail: elenborisov@mail.ru