

УДК 504:556

## ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ МАЛЫХ ВОДОТОКОВ НА ГИДРОХИМИЧЕСКИЕ И ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ РЕКИ ПОДКУМОК

Окрут С.В., Зеленская Т.Г., Степаненко Е.Е., Коровин А.А., Халикова В.А.  
ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет», Ставрополь,  
e-mail: s0kr@yandex.ru

В статье дана характеристика современного состояния гидрохимических и гидробиологических показателей р. Подкумок, установлено, что современное состояние речных вод по общим гидрохимическим показателям соответствует сезонной динамике, отмеченные изменения в концентрации кислорода от 3,5 мг/дм<sup>3</sup> до 5,0 мг/дм<sup>3</sup> выше предельно допустимых позволили характеризовать воды как «загрязненные» и «грязные». Проведенная оценка состояния речных вод на основе мониторинговых данных показала превышение предельно допустимых концентраций по содержанию железа от 6 до 12, сульфатов в 8 раз, фосфатов в 12 раз, нефтепродуктов в 6 раз. Дана оценка гидрохимических показателей р. Бугунта, левого притока р. Подкумок, свидетельствующая о поступлении вод в Подкумок со слабощелочными значениями pH, отмеченное изменение показателя биологического потребления кислорода от 5,4 до 7,3 мг/дм<sup>3</sup> позволяет характеризовать воды р. Бугунта как «грязные». Определено влияние малых рек бассейна р. Подкумок на воды главной реки. Отмечено превышение содержания азотистых соединений в устьях всех исследуемых рек, максимально содержание аммония в водах р. Аlikоновка и Березовая, нитрит-ионов в водах р. Яблонька, содержание нитрат-ионов незначительно в водах р. Белоглинка, оно составило 0,62 ПДК, однако имеется опасность их увеличения за счет процессов окисления с участием нитрит-ионов и ионов аммония. Наблюдаемые изменения в динамике показателя перманганатной окисляемости от 1,6 до 6,4 мг/дм<sup>3</sup>, но при этом не превышающие предельно допустимых концентраций, характерны при поступлении в водоток бытовых сточных вод, а также поверхностного стока, наряду с этим наблюдается поступление стоков с территорий крестьянско-фермерских хозяйств. Характеристика видового состава фитопланктона водных объектов показала присутствие зеленых, диатомовых, эвгленовых, синезеленых водорослей. Установлено соотношение видов, в котором из 15 определенных видов наибольшее количество составили зеленые водоросли 43%, доля синезеленых и эвгленовых составила 14 и 7% соответственно, что свидетельствует о поступлении биогенных элементов в исследуемые водные объекты и дальнейшем развитии процессов эвтрофикации малых водотоков.

**Ключевые слова:** гидрохимические показатели, река, водные объекты, малые реки, водотоки, загрязнение, фитопланктон

## EVALUATION OF THE INFLUENCE OF SMALL WATER CURRENTS ON THE HYDROCHEMICAL AND HYDROBIOLOGICAL INDICATORS OF THE PODKUMOK RIVER

Okrut S.V., Zelenskaya T.G., Stepanenko E.E., Korovin A.A., Khalikova V.A.  
Stavropol State Agrarian University, Stavropol, e-mail: s0kr@yandex.ru

The characteristic of the current state of hydrochemical and hydrobiological indicators of the Podkumok river is given. The current state of the river according to hydrochemical indicators corresponds to the seasonal dynamics. There are changes in oxygen concentration from 3.5 mg/dm<sup>3</sup> to 5.0 mg/dm<sup>3</sup>. Waters can be characterized as "polluted" and "dirty". The monitoring assessment showed the excess of the maximum permissible concentrations for the content of iron from 6 to 12, sulfates – 8 times, phosphates – 12 times, oil products – 6 times. An assessment of the hydrochemical parameters of the Bugunta River is given. left tributary of the Podkumok River. The change in the indicator of biological oxygen consumption from 5.4 mg/dm<sup>3</sup> to 7.3 mg/dm<sup>3</sup> characterizes the waters of the Bugunta River as "dirty". There is a high content of nitrogenous compounds in the mouths of all the studied rivers. A high content of ammonium in the waters of the Alikonovka and Berezovaya rivers, nitrites in the waters of the Yablonka river was determined. The content of nitrates in the waters of the Beloglinka River is low. The index of permanganate oxidizability varies from 1.6 mg/dm<sup>3</sup> to 6.4 mg/dm<sup>3</sup>. Everything indicates the inflow of domestic wastewater, surface runoff and runoff from the territories of peasant farms into the river. Phytoplankton contains green, diatom, euglenoid and blue-green algae. Established the ratio of species. There are 15 types in total. Green algae 43%, blue-green and euglena 14% and 7% were determined. The presence of algae indicates the entry of nutrients into rivers. A large amount of phytoplankton makes the processes of eutrophication of small rivers.

**Keywords:** hydrochemical indicators, river, water bodies, small rivers, watercourses, pollution, phytoplankton

«...Водные ресурсы являются одним из самых востребованных и жизненно необходимых видов природных ресурсов. Естественные природные процессы и человеческая деятельность на водосборах водных объектов активизируют изменения в гидросфере, а следовательно, в количестве и качестве водных ресурсов...» [1, 2].

«...Преобразование водных экосистем идет в результате антропогенного воздействия, при этом происходят изменения...» [3] гидрохимического и гидрологического режима водного объекта, обусловленные способностью водоемов и водотоков к саморегуляции, которая зависит от водного стока. Наибольшая способность к самоочи-

щению, восстановлению гидрохимического и экологического баланса проявляется в ситуации, когда отмечаются высокие показатели по водности объекта, его протяженности, разнообразие климатических, геологических и биологических условий его водосбора и местоположения русла.

Проблемы загрязнения поверхностных вод не являются исключением для Ставропольского края. Речная сеть Ставропольского края представлена 225 реками, большая часть которых относится к малым рекам и ручьям, в том числе временным водотокам. Для рек Ставропольского края характерно смешанное питание. Речная сеть в крае распределена неравномерно, что определяет рассмотрение вопросов сохранения и рационального использования водных ресурсов края [3].

Цель исследования – дать оценку современного состояния вод р. Подкумок, провести анализ влияния малых водотоков на гидрохимические и гидробиологические показатели вод р. Подкумок.

Объектом наших исследований явились воды р. Подкумок и ее притоков. Река Подкумок является главной водной артерией региона Кавказских Минеральных Вод, относится к категории малых рек, однако ее значение в хозяйственной деятельности региона очень велико.

#### Материалы и методы исследования

Воды реки служат источником питьевого водоснабжения городов-курортов, в свя-

зи с этим проводится ежегодная оценка качества водного объекта Кавминводским территориальным комитетом по охране окружающей среды в створах расположенных на территории городов-курортов Кисловодска, Ессентуки, Пятигорска. Однако на малых реках, притоках р. Подкумок, данного рода наблюдения не проводятся. В 2021 г. лабораторией экологического мониторинга СтГАУ было проведено гидрографическое, гидрологическое и гидрохимическое обследование водотоков бассейна р. Подкумок. Для оценки современного состояния вод р. Подкумок на территории г. Ессентуки были определены точки отбора проб по ул. Набережная (Белый уголь) (западная часть г. Ессентуки), городское озеро, пер. Мельничный, ул. Шмидта (восточная часть г. Ессентуки) в соответствии с видами антропогенного воздействия на водные объекты. Наблюдение за состоянием вод малых водотоков проводили в устьях малых рек (рис. 1).

Отбор проб проводился согласно ГОСТ 31861-2012 «Вода. Общие требования к отбору проб». Места отбора проб соответствовали основным требованиям для качественной оценки проб. Забор проб проводили в центральной части поперечного речного профиля, на глубине более 30 см от поверхности и дна. Проведено обследование источников загрязнения вод р. Подкумок с отбором 48 проб природных вод.

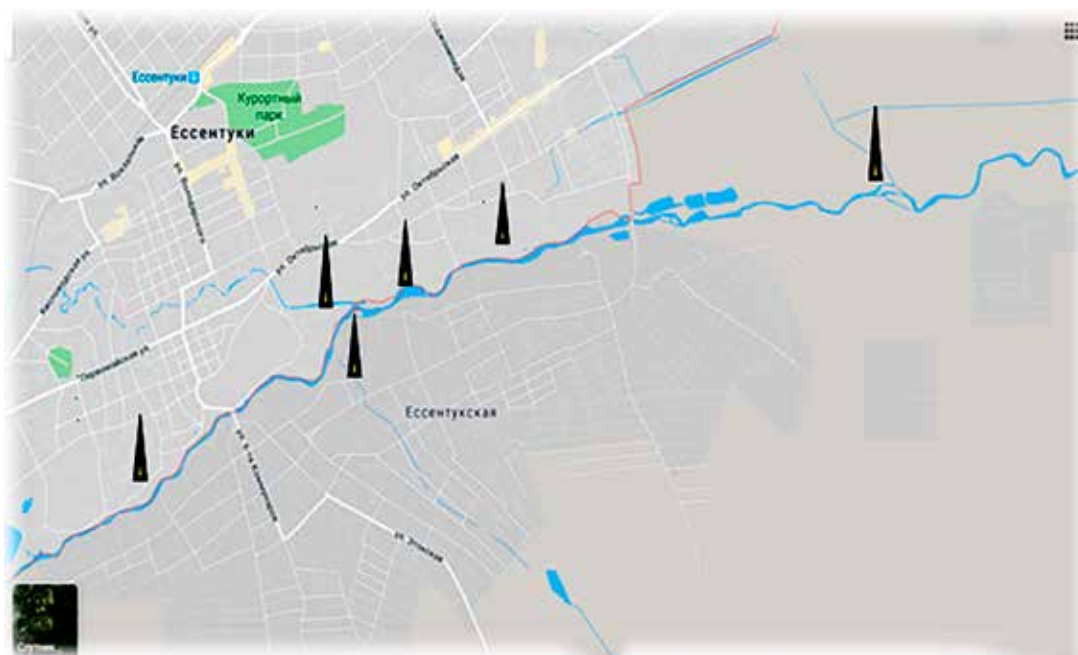


Рис. 1. Точки отбора проб в устьях малых рек

При проведении оценки гидрохимических показателей использовали «Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши», а также методики, внесенные в Государственный реестр методик количественного химического анализа и оценки состояния объектов окружающей среды, допущенных для государственного экологического контроля и мониторинга.

Цветность определяли визуально по шкале. Для определения содержания взвешенных веществ использовали гравиметрический метод, основанный на выделении их из пробы фильтрованием воды через мембранный фильтр с диаметром пор 0,45 мкм и взвешивании осадка на фильтре после высушивания его до постоянной массы. Определение общего содержания примесей осуществляли выпариванием известного объема нефилтрованной анализируемой воды на водяной бане, высушиванием остатка при 105 °С до постоянной массы и его взвешиванием. Содержание ионов аммония и аммиака определяли фотометрическим методом с использованием реактива Несслера, нитритов с использованием сульфаниловой кислоты, нитратов с использованием фенолдисульфокислоты, салициловокислого натрия. Содержание нефтепродуктов определяли флуориметрическим методом. В основе нормативов для анализа гидрохимических показателей использованы рыбохозяйственные ПДК, представляющие собой максимальную концентрацию загрязняющих веществ в воде, не оказывающую вредного воздействия на водные организмы.

Отбор и обработку альгологического материала проводили стандартными в альгологии методами.

#### **Результаты исследования и их обсуждение**

Гидрографическая сеть исследуемого района хорошо развита и принадлежит Терскому и Кубанскому бассейнам. Река Подкумок относится к наиболее крупным водотокам Терского бассейна среди таких рек, как Баксан, Тызыл, Малка, Кичмалка, Эшакон, Кума. Линия водораздела между бассейнами имеет субмеридиальное простирание и проходит по линии г. Эльбрус – плато Бечасын. Для рек характерна степень обнаженности верхних частей долин и водоразделов хорошая (до 45%) и удовлетворительная (до 30%), нижние части долин и плато обнажены плохо. Дешифрируемость терри-

тории плохая (55%) и только в северной части удовлетворительная и хорошая [4]. Река Подкумок является правым притоком Кумы, относится к наиболее полноводным рекам с быстрым течением, хорошо выраженными весенне-летними половодьями и бурными дождевыми паводками. Питание рек ледниковое и родниковое, в паводковое время вода мутная. Всего у Подкумка насчитывается 143 притока, общая длина которых составляет 345 км. Самыми многоводными являются верхние притоки, дающие от 70 до 80% всего стока реки. Длина Подкумка составляет 115 км. Площадь водосбора более 2,2 тыс. км<sup>2</sup>. Русло Подкумка в верховье проходит в узких скалистых каньонах, глубина которых достигает 400 м. Пойменная терраса возвышается на полтора метра над уровнем меженных вод и затопляется в высокие воды на небольшую глубину. Около Лысой горы пойма суживается до полукилометра и вновь расширяется, обогнув гору. Ниже станицы Незлобинской Георгиевского района Подкумок выходит на равнину. Ледовые явления реки наступают в середине декабря. Льдом покрываются только берега, что обусловлено быстрым течением реки. Весеннее половодье наступает в марте и оканчивается в июле-августе, продолжительность составляет от 129 до 147 суток. Летние дождевые паводки приходятся в основном на август, средняя продолжительность которых составляет от 6 до 7 суток, отмечено максимальное значение до 15 суток. В связи с тем, что подземные воды курортов Кавказских Минеральных Вод тесно связаны с поверхностными водами, особое значение имеет их качество.

Оценка современного состояния вод р. Подкумок на территории г. Ессентуки, проведенная на основе анализа сезонной динамики общих гидрохимических показателей реки, свидетельствует о слабощелочных значениях рН. В пробах, взятых в разные периоды, сильных колебаний по данному показателю отмечено не было. Гидрохимическая характеристика состава вод р. Подкумок в основные гидрологические сезоны приведена в табл. 1.

Анализ данных показал, что в октябре концентрация цветности соответствовала 64 град. Pt/Co, что связано с обильными стоками ливневых вод, несущих в себе огромное количество органического вещества, смываемого с прилегающих к реке территорий, а также с поднятием уровня грунтовых вод, несущих в себе взвешенные частицы.

Таблица 1

Общие гидрохимические показатели вод р. Подкумок (2021 г.)

| № п/п | Показатель                              | ПДК     | февраль | май   | октябрь |
|-------|---|---------|---------|-------|---------|
| 1     | рН, ед                                  | 6,5–8,5 | 8,3     | 8,3   | 8,2     |
| 2     | Цветность, град. Pt/Co                  | –       | 51      | 21    | 64      |
| 3     | Взвешенные вещества, мг/дм <sup>3</sup> | –       | 153,0   | 82,0  | 1264,0  |
| 4     | Сухой остаток, мг/дм <sup>3</sup>       | –       | 819,0   | 675,0 | 817,0   |
| 5     | БПК <sub>5</sub> , мг/дм <sup>3</sup>   | 2,00    | 4,8     | 3,5   | 5,0     |

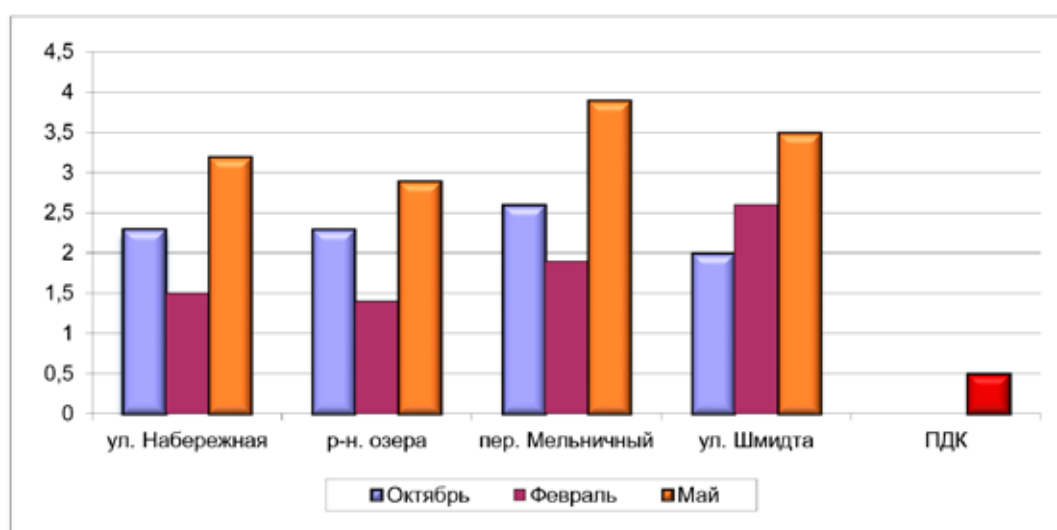


Рис. 2. Содержание ионов аммония в водах р. Подкумок (мг/л)

Наименьшие показатели цветности были отмечены в мае, что составило 21 град. Pt/Co, это связано с малым объемом воды в реке в данный период. Минимальные концентрации взвешенных веществ составили 82,0 мг/дм<sup>3</sup>, данные значения отмечены в октябре в период осенней межени, что обусловлено как гидрохимическим режимом вод реки осеннего периода, так и поступлением различных веществ с поверхностным стоком. Установили, что сезонная динамика концентрации кислорода изменялась от 3,5 мг/дм<sup>3</sup> в мае до 5,0 мг/дм<sup>3</sup> в октябре, что выше предельно допустимых концентраций. В летний период и к периоду осенней межени концентрации кислорода в пробах воды снизились, минимальное снижение концентрации кислорода в водотоке составило 1,6 ПДК. В соответствии со шкалой идентификации загрязнения воды по показателю БПК<sub>5</sub> воды р. Подкумок можно характеризовать как «загрязненные» и «грязные».

Результаты анализов по содержанию ионов аммония приведены на рис. 2. В ходе исследо-

ваний отмечено превышение предельно допустимых концентраций ионов аммония во всех точках отбора проб воды в зимний период и период весеннего половодья до 7,8 ПДК. Максимальное значение ионов аммония наблюдалось в мае в точке отбора проб пер. Мельничный, что составило 3,9 мг/л, где отмечена плотная частная застройка.

Присутствие в водах ионов аммония связано главным образом с процессами биохимической деградации белковых веществ, дезаминирования аминокислот, разложения мочевины под действием уреазы.

В ходе исследований установили превышение предельно допустимых концентраций по нитритам во всех точках отбора проб воды до 12,5 ПДК (рис. 3).

Превышение показателей по содержанию нитритов находится в прямой зависимости от наблюдаемых показателей превышения предельно допустимых концентраций по аммонии. Известно, что избыточное поступление ионов аммония в водную экосистему благоприятно влияет на рост водорослей.

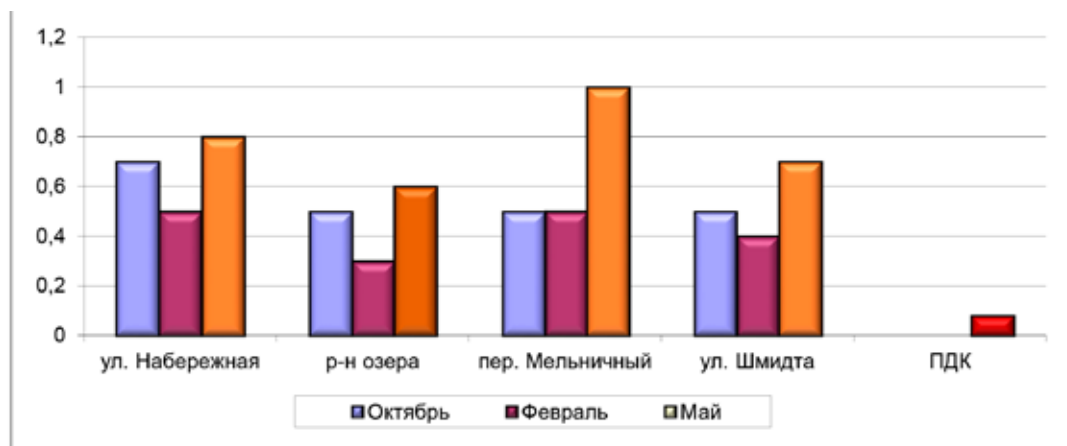


Рис. 3. Содержание нитритов в водах р. Подкумок (мг/л)

Фитопланктон выступает активным продуцентом нитритов, что ведет к повышению их концентрации в водной среде. Максимальное значение нитритов наблюдалось в мае в точке отбора проб пер. Мельничный – 1,0 мг/л., что составило 12 ПДК, минимальное значение 0,3 мг/л наблюдалось в феврале в точке отбора в районе озера.

Проведенный анализ по среднегодовым концентрациям загрязняющих веществ в водах р. Подкумок на территории г. Ессентуки (табл. 2) свидетельствует о превышении предельно допустимых концентраций по всем показателем за исключением хлорид-ионов. Максимальное содержание фосфат-ионов составило 9 ПДК, железа – 4,5 ПДК. Анализ данных свидетельствует о повышенном содержании азотных соединений в водах р. Подкумок. Содержание ионов аммония составило 3,32 мг/л, что соответствует 6,6 ПДК, нитрит-ионов 0,42 мг/л – 5,2 ПДК и нитрат-ионов 165 мг/л – 4,1 ПДК соответственно. Основное поступление азотных соединений идет со сточными водами.

Отмечено незначительное превышение предельно допустимых концентраций по содержанию СПАВ и нефтепродуктов. Источниками поступления загрязняющих веществ могут являться сточные воды с частных подворий, ливневые стоки с территорий плотных застроек, расположенных в прибрежной зоне, а также дорожные ливневые стоки [5, 6].

Проведенные исследования свидетельствуют о влиянии техногенных нагрузок на гидрохимический режим вод бассейна р. Подкумок. В прибрежной зоне были отмечены места нахождения стихийных свалок, скопления мусора, в границах водоохранной зоны реки жилые постройки и многоэтажные дома, неурегулированные стоки.

Таблица 2

Среднегодовые концентрации загрязняющих веществ в водах р. Подкумок

| Показатели    | Среднегодовая концентрация (мг/л) | ПДК  |
|---------------|-----------------------------------|------|
| Хлорид-ионы   | 103,35                            | 300  |
| Сульфат-ионы  | 678                               | 100  |
| Фосфат-ионы   | 0,45                              | 0,05 |
| Железо        | 0,45                              | 0,1  |
| Аммоний-ионы  | 3,32                              | 0,5  |
| СПАВ          | 0,51                              | 0,5  |
| Нитраты       | 165                               | 40   |
| Нитриты       | 0,42                              | 0,08 |
| Нефтепродукты | 0,08                              | 0,05 |

Оценка гидрохимических показателей р. Бугунта, левого притока р. Подкумок (табл. 3), свидетельствует о поступлении вод в Подкумок со слабощелочными значениями pH.

Динамика большинства общих показателей вод р. Бугунта соответствует сезонной динамике главной реки. Отмечено изменение показателя биологического потребления кислорода от 5,4 до 7,3 мг/дм<sup>3</sup>, что позволяет в соответствии со шкалой идентификации загрязнения характеризовать воды р. Бугунта как «грязные». Максимальное превышение азотных соединений соответствует летнему периоду, «...содержание ионов аммония составило 3 ПДК, нитрат-ионов 2 ПДК. Содержание фосфатов в период исследования изменялось от 2,2 ПДК в апреле до 8,2 ПДК в июле...» [2].

Таблица 3

Гидрохимическая характеристика вод р. Бугунта (2021 г.)

| № п/п | Показатель                                      | ПДК     | Р. Бугунта |       |        |
|-------|---|---------|------------|-------|--------|
|       |   |         | апрель     | июль  | ноябрь |
| 1     | рН, ед.   | 6,5–8,5 | 7,8        | 8,2   | 7,4    |
| 2     | Цветность, град. Pt/Co                          | –       | 36         | 49    | 75     |
| 3     | Взвешенные вещества, мг/дм <sup>3</sup>         | –       | 161,0      | 273,0 | 2756,0 |
| 4     | Сухой остаток, мг/дм <sup>3</sup>               | –       | 796,0      | 743,0 | 1138,0 |
| 5     | Кислород, мг/дм <sup>3</sup>                    | 6,00    | 8,5        | 6,9   | 6,4    |
| 6     | БПК <sub>5</sub> , мг/дм <sup>3</sup>           | 2,00    | 7,3        | 5,4   | 6,4    |
| 7     | Температура С°                                  | –       | 9,0        | 27,0  | 17,0   |
| 8     | Окисляемость перманганатная, мг/дм <sup>3</sup> | 15,00   | 4,48       | 4,80  | 1,6    |
| 9     | Фосфаты   | 0,05    | 0,24       | 0,41  | 0,11   |
| 10    | Аммоний-ионы мг/дм <sup>3</sup>                 | 0,5     | 1,56       | 0,40  | 0,52   |
| 11    | Нитрит-ион мг/дм <sup>3</sup>                   | 0,08    | 0,18       | 0,28  | 0,20   |
| 12    | Нитрат-ион мг/дм <sup>3</sup>                   | 40      | 27,0       | 89,09 | 38,9   |

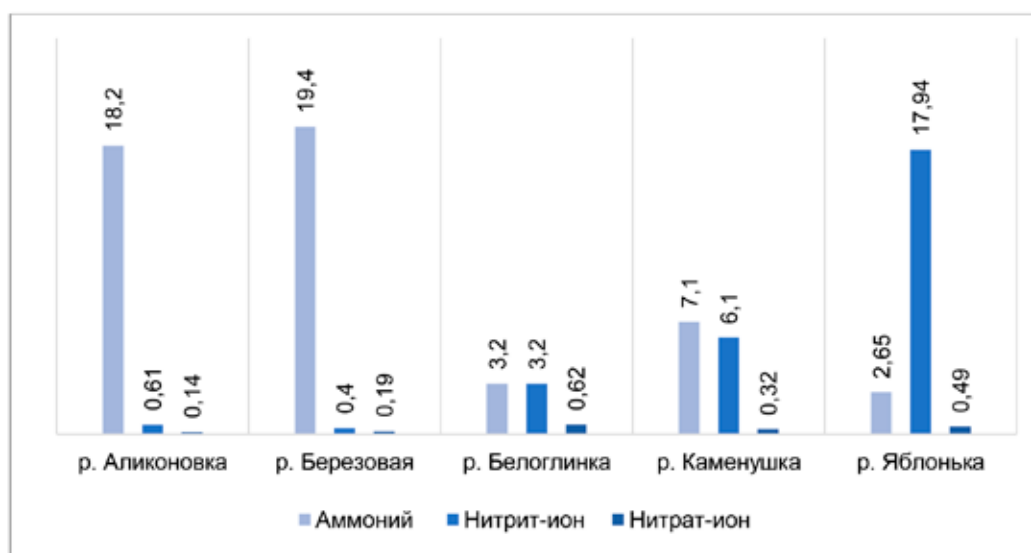


Рис. 4. Содержание азотных соединений в устьях малых рек бассейна р. Подкумок (мг/л)

При оценке нахождения азотистых соединений в устьях малых рек бассейна р. Подкумок (рис. 4) отмечено превышение аммония, нитритов, нитратов во всех исследуемых водотоках. Максимальное наличие аммония определено в водах р. Аликоновка и Березовая, что составило 18,2 и 19,4 ПДК соответственно.

Превышение по предельно допустимым концентрациям нитрит-ионов в водах р. Яблонька составило 17,94 ПДК, р. Каменушка 6,1 ПДК, р. Белоглинка 3,2 ПДК, полагаем, что увеличение содержания нитритов может быть обусловлено как частич-

ной переработкой аммонийных соединений до нитритов, так и активной деятельностью некоторых микроорганизмов и водорослей. Максимальное содержание нитрат-ионов незначительно в водах р. Белоглинка, оно составило 0,62 ПДК, однако имеется опасность их увеличения за счет процессов окисления с участием нитрит-ионов и ионов аммония. Источником поступления азотистых соединений в водотоки в большей степени являются ливневые и хозяйственно-бытовые стоки, а также стоки с территорий крестьянско-фермерских хозяйств.

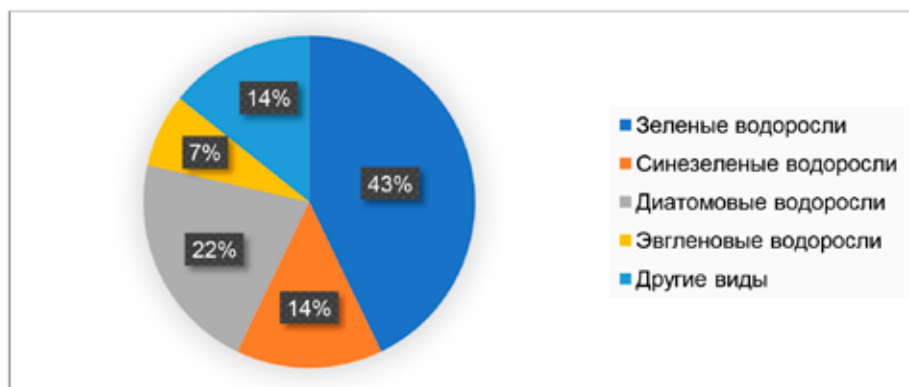


Рис. 5. Соотношение видового состава фитопланктона, %

Во всех водотоках отмечено превышение показателя БПК<sub>5</sub>, что свидетельствует о поступлении в водотоки аллохтонного органического вещества с площади водосбора. Наблюдаемые изменения в динамике показателя перманганатной окисляемости от 1,6 до 6,4 мг/дм<sup>3</sup>, но при этом не превышающие предельно допустимых концентраций характерны при поступлении в водоток бытовых сточных вод, а также поверхностного стока.

В устьях исследуемых малых водотоков были отмечены активные процессы «цветения» воды в летний и осенний периоды. Установлено, что структура фитоценозов чувствительна к факторам загрязнения.

Оценка видового состава фитопланктона водных объектов показала присутствие зеленых, диатомовых, эвгленовых, синезеленых водорослей. Соотношение видов представлено на рис. 5.

Всего было определено 15 видов, из которых наибольшее количество, 43%, составили зеленые водоросли, доля диатомовых водорослей составила 22%, синезеленых и эвгленовых – 14 и 7% соответственно, другие виды – 14%.

Видовой состав фитопланктона свидетельствует о поступлении биогенных элементов в исследуемые водные объекты со сточными, ливневыми водами, что способствует развитию процесса эвтрофикации малых водотоков.

### Заключение

Оценивая современное состояние водного объекта, можно отметить, что сезонная динамика общих гидрохимических показателей вод р. Подкумок соответствует сезонным процессам, изменения в концентрации кислорода от 3,5 мг/дм<sup>3</sup> в мае до 5,0 мг/дм<sup>3</sup> в октябре позволяют характеризовать воды реки как «загрязненные» и «грязные», с превы-

шением предельно допустимых концентраций железа, сульфатов, фосфатов, нитратов, азота, СПАВ и нефтепродуктов.

Анализ влияния малых водотоков свидетельствует о повышенной концентрации азотистых соединений в устьях малых рек бассейна р. Подкумок, источником поступления которых являются ливневые и хозяйственно-бытовые стоки, а также стоки с территорий крестьянско-фермерских хозяйств. Определение показателя биологического потребления кислорода позволило характеризовать воды р. Бугунта, левого притока р. Подкумок, как «грязные». Оценка видового состава фитопланктона водотока характеризует избыточное поступление биогенных элементов в исследуемые водные объекты.

Проведенные исследования свидетельствует о наличии техногенных нагрузок в бассейне р. Подкумок, что может привести к развитию деградационных процессов водного объекта.

### Список литературы

1. Дмитриева В.А. Экологический сток в речных потоках // Региональные геосистемы. 2022. Т. 46. № 3. С. 424–433. DOI: 10.52575/2712-7443-2022-46-3-424-433.
2. Дмитриева В.А., Жигулина Е.В. Динамика водности малых водотоков Верхнедонского бассейна и ее роль в структурно-динамической организации ландшафтов // Региональные геосистемы. 2020. Т. 44. № 4. С. 404–414. DOI: 10.18413/2712-7443-2020-44-4-404-414.
3. Окрут С.В. Влияние различных видов загрязнения на степень деградационных процессов экосистем малых рек // Вестник АПК Ставрополя. 2012. № 4 (8). С. 104–106.
4. Государственная геологическая карта Российской Федерации: Объяснительная записка / Лист К-38-I, VII (Кисловодск). М.: МФ ВСЕГЕИ, 2013. С. 3–4.
5. Истрашкина М.В. Очистка производственных сточных вод многокомпонентными адсорбционными фильтрами от нитро-, amino- и гидроксипроизводных бензола: дис. ... канд. техн. наук: 03.02.08. Казань, 2019. 185 с.
6. Чувьчкин А.Л. Динамика экологического состояния поверхностных вод средних и малых рек бассейна Среднего Дона: дис. ... канд. биол. наук: 03.02.08. Воронеж, 2020. 310 с.