

## **ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

УДК 626.812

**Д. А. Макеева, канд. техн. наук, Д. А. Козырь, канд. техн. наук,  
О. А. Гутовская**

**ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет», г. Донецк**

### **ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ И МАЛОВОДЬЯ РЕКИ КАЛЬМИУС**

*Кальмиус – это одна из основных рек Донбасса и одна из важнейших рек нашего региона в рамках хозяйственной деятельности человека. Река Кальмиус имеет протяженность 209 км и площадь бассейна 5070 км<sup>2</sup>. Исток реки расположен на южном склоне Донецкого Кряжа, возле г. Ясиноватая, устье – в Азовском море.*

*На современном этапе развития промышленных предприятий актуальной остается проблема оптимального перераспределения водохозяйственной деятельности с целью минимизации неблагоприятных последствий и для населения, и для природы. Данное исследование посвящено комплексному анализу возникшего маловодья на р. Кальмиус.*

**Ключевые слова:** река Кальмиус, маловодье, мониторинг

#### **Введение**

Современные климатические изменения оказывают все большее влияние на водные бассейны. Воздействие климатических изменений на водные ресурсы негативно сказывается на сельском хозяйстве, энергетике, рыбном промысле, на состоянии биоразнообразия природных экосистем.

Мониторинг динамики состояния водных ресурсов Донецкого региона является составной частью системы экологической безопасности Донецкой Народной Республики (ДНР) [1]. Гидрометеорологический центр является подразделением Министерства чрезвычайных ситуаций ДНР, которое выполняет задачи по обеспечению регулярных и непрерывных гидрологических наблюдений. Регулярные гидрологические наблюдения за уровнем и расходом воды, ледовыми явлениями, осадками и другими явлениями обеспечивают 7 гидрологических постов I разряда на реках Кальмиус, Крынка, Ольховая и Миус [2].

Основной задачей экологического мониторинга состояния водных ресурсов является своевременное обеспечение гидрометеорологической информацией государственных и хозяйственных структур и населения ДНР.

Повышение уровня предупреденности министерств, ведомств, предприятий, населения о возможном снижении уровня и расхода воды в водоемах ДНР, изменении количества загрязняющих веществ должно обеспечить уменьшение экологического и экономического ущерба окружающей природной среде.

В силу своего географического положения и чрезвычайно большого водопотребления ДНР испытывает острый недостаток в воде. Воды реки Кальмиус, кроме водоснабжения населенных пунктов и промышленных предприятий, расходуются также на заполнение водохранилищ и прудов, которые используются для гидроэнергетики, рыбного хозяйства, орошения и других народнохозяйственных нужд.

Промышленные предприятия осуществляют сброс неочищенных стоков в реки и водоемы, поэтому качество воды во многих реках, имеющих важное значение, неудовлетворительное. В связи с этим река Кальмиус потеряла свое значение как источник водоснабжения.

В бассейне Приазовья вполне пригодными для орошения являются паводочные воды, аккумулируемые в водохранилищах и прудах. Однако качество их часто ухудшается за счет

смешения с реликтовыми водами грунтового происхождения, а также за счет загрязнения сточными и шахтными водами, сбрасываемыми в реки во время паводков [3].

Необходимо учитывать, что одновременно с увеличивающимися масштабами использования подземных вод, человек отрицательно воздействует на них вследствие большого объема выброса колоссальных количеств промышленно-бытовых стоков. Все эти факторы наряду с зарегулированностью поверхностного стока существенно влияют на режим подземных вод и на характер их взаимосвязи с поверхностными водами.

Река Кальмиус, протекающая по территории города, замусорена, заиlena твердыми частицами, содержащимися в сбросах промышленных предприятий и страдает от истощения подземных источников питания. Маловодье рек причиняет ущерб не только водопользователям (гидроэнергетике, водному транспорту, сельскому хозяйству и т. д.), но и жизнедеятельности водной флоры и фауны.

Кальмиус издревле славился своим биоразнообразием и численностью организмов, образующих его водные и пойменные экосистемы. Однако в настоящее время из-за антропогенной нагрузки и климатических изменений эти показатели значительно снизились. Маловодный период в этом бассейне может привести к катастрофическим последствиям. Все перечисленные факторы не могли не оказывать влияния на сток реки, искажая его в большей или меньшей мере, в зависимости от наличия крупных предприятий и водохранилищ в речном бассейне.

**Цель работы** – ретроспективный анализ динамики многолетних колебаний минимального стока рек и повторяемости его наиболее низких значений, гидрометеорологических предпосылок и экологических последствий маловодных периодов.

### ***Изложение основного материала исследований***

Мониторинг и анализ динамики состояния водных ресурсов реки Кальмиус является необходимым условием для повышения уровня экологической безопасности региона. Измерения проводятся на пункте «Гидрометеорологический пост – 1 Донецк». Пост включает водомерные устройства, по которым производятся измерения уровня воды, и репера, предназначенные для систематического контроля высотного положения этих устройств. Пост оборудован так, чтобы на нем можно было производить наблюдения при самых низких и самых высоких уровнях на протяжении всего года [4]. Подобный свайный пост используется для рек на равнинах с сильными колебаниями уровня воды.

Гидрологические посты – точки стационарных наблюдений, которые относятся к конкретным станциям, производящим мониторинговые исследования основных элементов водного режима рек.

В 2019 году на гидрологическом посту были проведены следующие наблюдения [5]:

1. Измерения расходов воды. Для определения расхода воды на реках производятся промеры глубин и скоростей течения реки в сечении русла. Величина расхода воды вычисляется как производное площади сечения реки на среднюю скорость течения воды. Для того, чтобы измерить расход воды вертушкой в створе, определяются скоростные вертикали. Размещение вертикалей по ширине реки производится на поперечном профиле гидрологического створа. Число вертикалей зависит от ширины реки. По назначенным вертикалям измеряют рабочую глубину и после определения рабочей глубины намечают положение точек, в которых должна измеряться скорость течения, и вычисляют для них глубины погружения вертушки. Установив вертушку в нужную точку по глубине вертикали, включают секундомер. Включение и остановка секундомера, а также отсчеты времени производятся по концу сигнала.

2. Наблюдения за высотой уровня воды. Ежедневно в 08:00 и 20:00 ч. по местному времени; в период половодья и дождевых паводков учащенно, по указанию станции. Уровень во-

ды измеряется водомерной рейкой ГР-24. Рейка ставится вертикально на головку ближайшей к берегу затопленной сваи и после этого фиксируются данные до одного сантиметра.

3. Измерения температуры воды. Ежедневно в 08:00 и 20:00 ч. по местному времени в период, в который нет ледяного покрова. Для этой цели используются термометры водные в металлической оправе. Измерения производятся в створе поста в прибрежной части реки, на участке с хорошим течением и глубиной более 0,5 м. Термометр выдерживается в воде не менее 5–8 мин., снимается отчет с точностью до 0,1°.

4. Метеорологические наблюдения: за осадками, ежедневно в 08:00 и 20:00 ч. по местному времени. За атмосферными явлениями, в течение суток. Количество осадков измеряется с помощью осадкомера О-1 непрерывно в течение всего года. Измеритель количества осадков устанавливается на площадке поста. Измерение производится в следующем порядке:

а) осадкомерный стакан с водой, вылитой из осадкомерного сосуда, ставят на ровную горизонтальную поверхность;

б) подсчитывают количество делений.

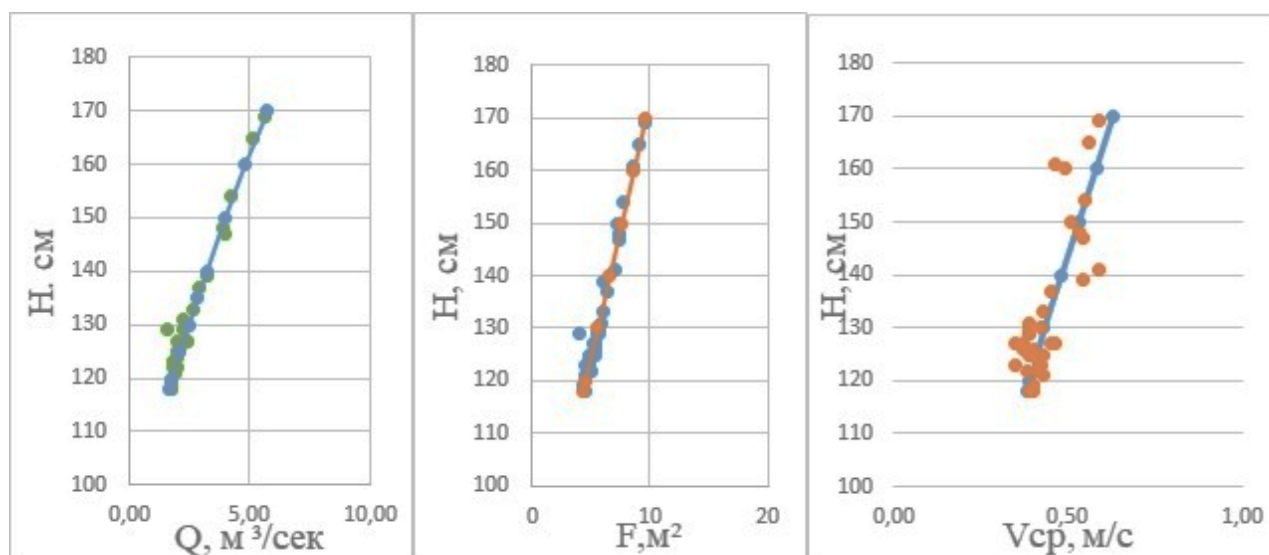
На основании полученных при наблюдении данных, был рассчитан годовой сток воды и получены такие данные как расход и уровень воды; площадь, скорость и глубина реки.

Результаты измерений за 2019 год приведены на рисунке 1:

1) расход воды  $Q = f(H)$ ;

2) площади поперечных сечений  $F = f(H)$ ;

3) средние скорости  $V_{cp} = f(H)$ .



а)

б)

в)

Рисунок 1 – Кривые зависимостей а)  $Q = f(H)$ , б)  $F = f(H)$ , в)  $V_{cp} = f(H)$  за 2019 год

На графиках по вертикальной оси указаны уровни для всех трех элементов в одном масштабе, а по горизонтальной оси – расход воды, площадь поперечного сечения и средняя скорость.

Анализ сведений о стоке воды выполняется после того, как будет сделан анализ сведений об уровне воды (кривые зависимости). Целью анализа является установление отсутствия ошибок, допущенных в процессе учета стока [6]. Элементарной формой текущего анализа результатов гидрологических наблюдений одного поста является комплексный график (рисунок 2).

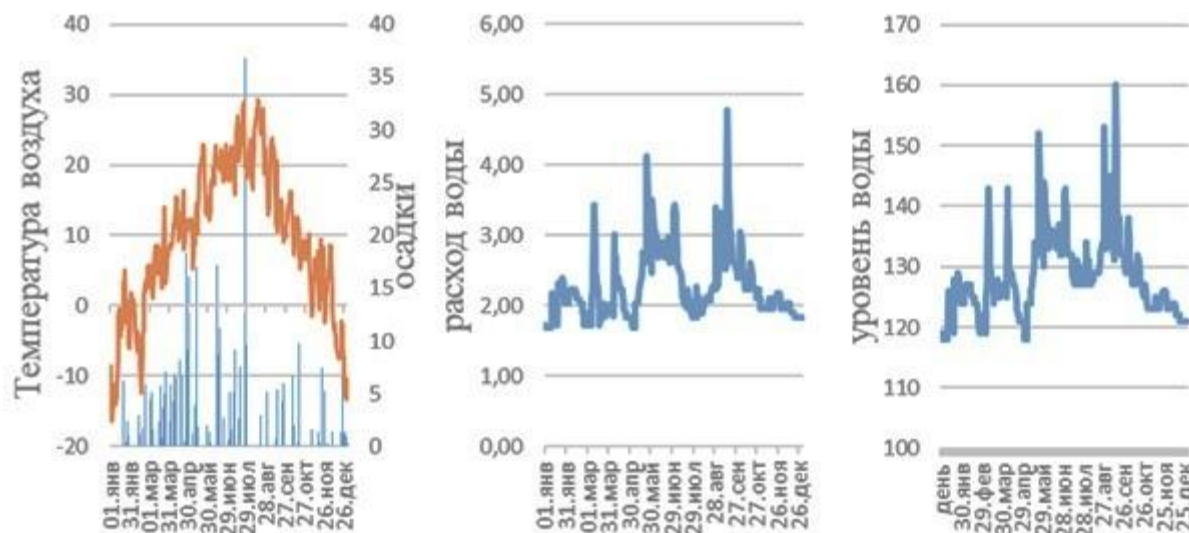


Рисунок 2 – Комплексные графики результатов гидрометеорологических наблюдений за 2019 год

Полученные данные необходимы для анализа годового стока воды. На основании этих данных можно наблюдать чередование относительно многоводных и более маловодных лет даже внутри короткого периода. Обеспеченность стока за водохозяйственные годы ниже 70 % нормы приводит к изменению гидрологического цикла, а также способствует интенсивному загрязнению рек [7].

Для того, чтобы выяснить в какой степени река Кальмиус подвержена техногенному влиянию, авторами был проведен временной анализ химического состава реки в маловодные, средние и многоводные годы. Пробы воды для определения их химического состава отбирались ниже по течению исследуемой реки г. Донецка. Анализ был проведен по следующим химическим показателям и элементам: нефтепродукты, фенолы и БПК 5 – биохимическое потребление кислорода в течение пяти суток (рисунки 3, 4).

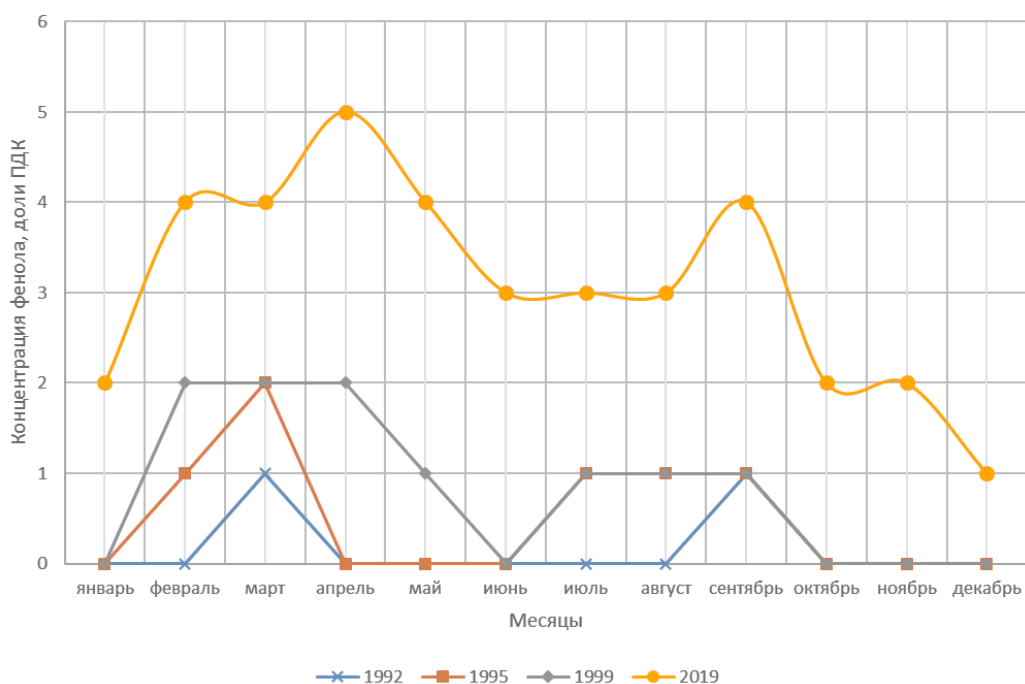


Рисунок 3 – Концентрации фенола в реке Кальмиус

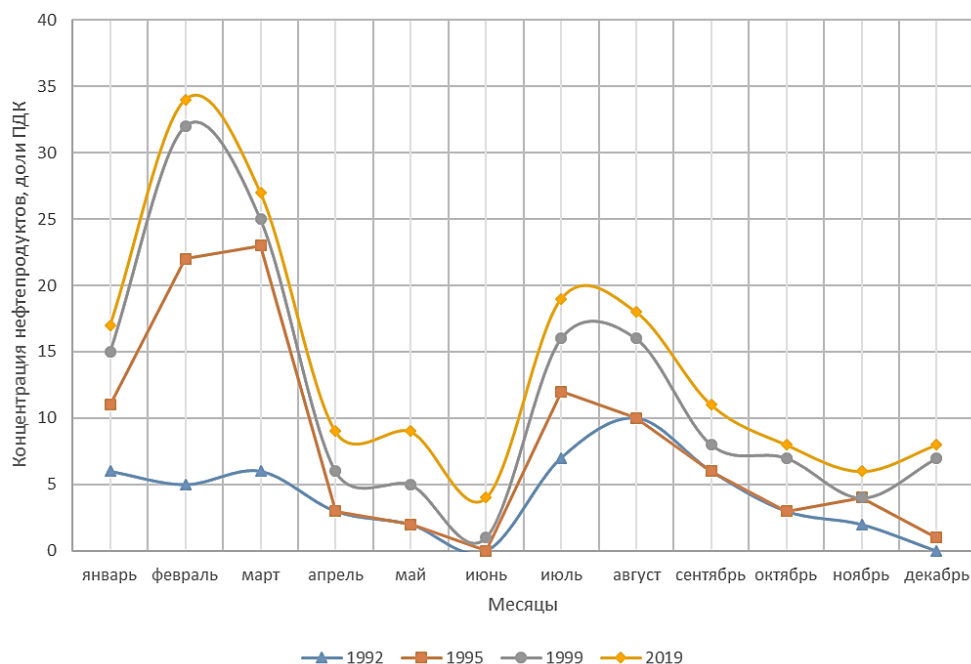


Рисунок 4 – Концентрации нефтепродуктов в реке Кальмиус

Анализируя полученные данные, можно сказать, что в годы, когда отмечено маловодье (1999 и 2019 года), загрязнение реки нефтепродуктами и фенолами превышает предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ. Концентрации фенола в 2019 году увеличились в 2 раза по сравнению с предыдущими годами. Количество легкоокисляемых органических веществ (по БПК 5) в воде также превысило норму.

В результате дефицита воды, при маловодье, возрастет концентрация загрязняющих веществ, которые попадают в водоем при работе предприятий, возрастет уровень теплового загрязнения воды, а также снизится содержание растворенного в воде кислорода вследствие слабого водообмена. Все это в целом оказывает неблагоприятное влияние на качество воды и, соответственно, на состояние экосистем.

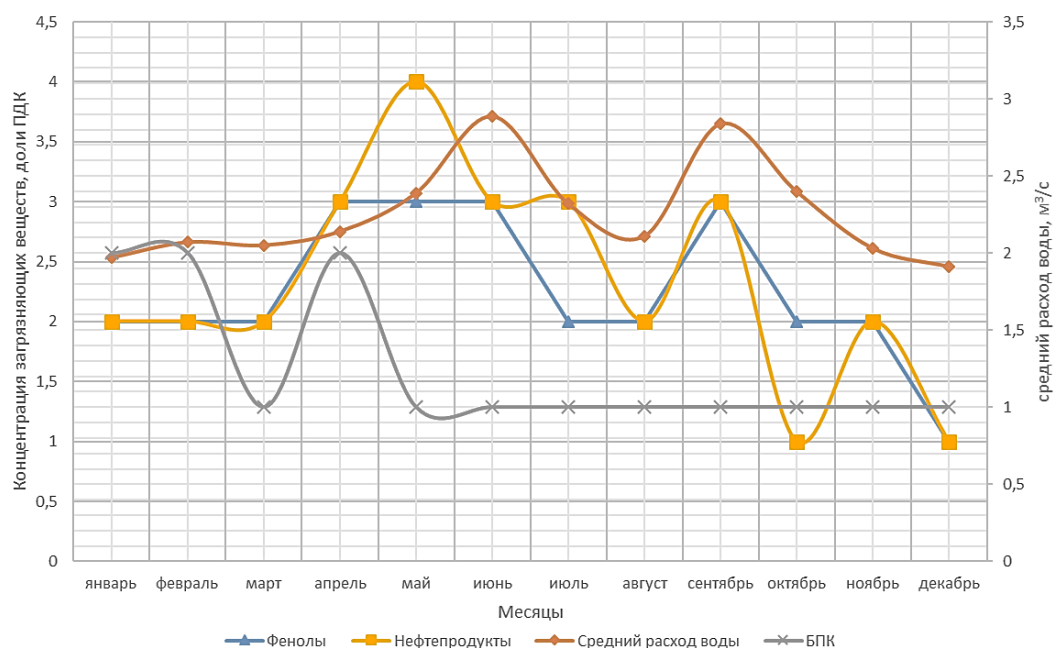


Рисунок 5 – Динамика изменения концентрации нефтепродуктов, фенолов, БПК и среднего расхода воды в реке Кальмиус в 2019 году

Увеличение концентраций фенолов, нефтепродуктов и БПК наблюдается с апреля по июнь, а также с августа по октябрь. На эти же месяцы приходится увеличение расхода в реке Кальмиус. Исходя из рисунка 1, увеличение расхода воды прямо пропорционально увеличению уровня в Кальмиусе.

Таким образом, в условиях недостаточного естественного водопритока в реке Кальмиус происходит наполнение ее водами техногенного происхождения, тем самым увеличивая уровень загрязнения воды до двух раз.

Содержание биогенных и органических веществ в поверхностных водах обусловлено, главным образом, загрязнением промышленно-бытовыми стоками, выносом удобрений из почвы, а также гидробиологическим режимом реки.

Наблюдения показывают, что с поступлением в реку поверхностно-склоновых вод (в зимние оттепели и ранней весной до оттаивания почвы) так же попадает небольшое количество биогенных и органических веществ. При поступлении в реку почвенно-поверхностных и почвенно-грунтовых вод (после оттаивания почв) в ее воде наблюдается увеличенное содержание биогенных и органических веществ. В период иссушения водосборов летом и осенью, при питании реки подземными водами, содержание биогенных и органических веществ резко увеличивается вследствие загрязнения промышленными и бытовыми стоками.

Загрязнение русловых вод промышленными и хозяйственно-бытовыми стоками имеет место во всех реках, а следовательно, и в водохранилищах. Особенно загрязняются верховья рек Крынка и Кальмиус. Здесь в реки попадают фенолы, нефтепродукты, нитросоединения и другие вредные токсичные вещества.

Наряду с вышеизложенным, нельзя забывать и о тепловом загрязнении. Для охлаждения различных агрегатов промышленных предприятий и особенно тепловых электростанций (ТЭС) требуется большое количество воды. Подогретые воды сбрасываются в водоемы-охладители, в качестве которых используются как специальные пруды, так и водохранилища. Поступление подогретых вод сказывается на условиях жизни водных организмов и продуктивности водоемов.

В связи с закрытием ряда горнодобывающих предприятий, на территории нашего региона изменился объем сброса шахтных вод, поступающих в реки через водоносные горизонты или непосредственно через сливные сооружения, имеющие выход в русла рек [8]. Важным фактором является забор воды на орошение, полив, которые происходят бесконтрольно, например, через сооруженные водокачки. Пруды и водохранилища, которые находятся в частной собственности, имеют неудовлетворительное состояние. Учет забора и сброса воды по этим объектам не ведется или ведется приближенно. Требуют ремонта щиты, которые не выдерживают большого объема воды в период паводков и половодья, в результате затопливаются нижележащие территории.

Наблюдается чередование относительно многоводных и более маловодных лет даже внутри столь короткого периода. Наиболее сложная ситуация в бассейне сложилась в 1999 и 2019 годах, именно тогда последствия маловодья ощутили на себе различные отрасли промышленности. Обеспеченность стока за водохозяйственные годы створов ниже 70 % нормы. Это приводит к изменению гидрологического цикла, а также способствует интенсивному загрязнению рек. Разрешенные сбросы загрязняющих веществ (вторичных, очищенных и слабо очищенных вод) рассчитываются исходя из наполняемости реки на 100 %, поэтому условно «неполные» реки загрязняются ими сверх меры.

Оценивая воды рек бассейна Приазовья в соответствии с требованиями современных норм, на основании приведенных в предшествующих разделах данных, можно заключить, что использование их вод для питьевого водоснабжения лимитируется в значительной степени загрязнением хозяйственно-бытовыми и промышленными стоками. Последнее обуславливает недопустимо высокое содержание в водах органических веществ (большую окисляемость воды, высокое значение БПК 5), а также во многих случаях наличие токсических веществ. В

реках, загрязненных шахтными водами, факторами, ограничивающими использование вод для питьевого водоснабжения, являются также высокая минерализация и жесткость.

### **Заключение**

Экологическое состояние бассейна реки Кальмиус требует усиления действий на государственном, региональном и местном уровнях в сферах законодательства, определения приоритетов экологической политики, природоохранных действий в производственной и коммунальной сферах, экологического мониторинга и контроля источников загрязнения, экологического информирования и привлечения к охране бассейна реки Кальмиус населения области.

По итогам экологического мониторинга состояния объекта и выводов по анализу результатов, полученных в ходе работы, возможно предоставление рекомендаций предприятиям-водопользователям и компетентным органам управления. В условиях маловодья в весенние и осенние периоды необходимо проводить экологический мониторинг загрязнения реки Кальмиус. Превышение допустимых концентраций является основанием для снижения использования воды промышленными предприятиями, а также использования пестицидов, ядохимикатов, неконтролируемого применения удобрений в сельском хозяйстве.

Рекомендации и природоохранные мероприятия при маловодье и превышении санитарных нормативов в р. Кальмиус будут направлены на корректировку допустимого количества стоков и концентрации различных веществ в этих стоках. Рекомендации будут даны в соответствии с новыми режимами разбавления, обусловленными количественными показателями маловодья. Данные меры будут способствовать сохранению окружающей среды и рациональному природопользованию, что повысит уровень экологической безопасности региона и снизит ущерб окружающей природной среде.

### **Список литературы**

1. Информация о состоянии и рациональном использовании водных ресурсов на территории г. Донецка. – Текст : электронный // Администрация города Донецка : [сайт]. – 2010. – 7 октября. – URL: <http://gorod-donetsk.com/novosti/18564-informatsiya-o-sostoyanii-i-ratsionalnom-ispolzovanii-vodnykh-resursov-na-territorii-g-donetska>.
2. Донецкая Народная Республика. Законы. О гидрометеорологической деятельности : принят Постановлением Народного Совета от 9 февраля 2018 года : с изменениями, внесенными Законом от 12.03.2020 № 108-ПНС, от 20.11.2020 № 216-ПНС. – Текст : электронный. – URL: <http://dnmchs.ru/static/upload/Zakonodatelstvo/2021/1.%20%D0%9E%20%D0%B3%D0%B8%D0%B4%D1%80%D0%BE%D0%BC%D0%B5%D1%82%20%D0%B4%D0%B5%D1%8F%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B8.pdf>.
3. Государственный водный кадастр, Ежегодные данные о химическом составе воды рек в основные фазы их режима. Часть 1. Реки и каналы. Выпуск 3. Бассейн Северского Донца, реки Приазовья и Крыма. – Киев : Центральная геофизическая обсерватория, 2008. – 285 с.
4. Михайлов, В. Н. Гидрология : учебник для вузов / В. Н. Михайлов, А. Д. Добровольский, С. А. Добролюбов. – 2-е изд., стер. – Текст : электронный. – Москва : Высшая школа, 2007. – 463 с. – ISBN 978-5-06-005815-4. – URL: <http://geokniga-mihaylov-vn-dobrovolskiy-ad-gidrologiya-2007.pdf>.
5. Бондаренко, Ю. В. Методы полевых гидрологических и метеорологических исследований / Ю. В. Бондаренко. – 2-е изд. доп. и исп. – Саратов : Наука, 2011. – 202 с. – ISBN 978-5-9999-0885-8.
6. Гидрометрия / И. В. Кожемяченко, Ю. В. Бондаренко, О. В. Гуцол, О. Н. Жихарева. – Саратов : ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ», 2010. – 160 с.
7. Гидрология / Ю. В. Бондаренко. – Саратов : ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ», 2016. – 108 с. – URL: <http://www.sgau.ru/files/pages/22598/14720310845.pdf>.
8. Горный Закон Донецкой Народной Республики : принят Постановлением Народного Совета 15 мая 2015 года № 52-ИНС. – Текст : электронный. – URL: <https://gisnpa-dnr.ru/npa/0002-52-ihc-20150515/>.

*Д. А. Макеева, Д. А. Козырь, О. А. Гутовская*  
**ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет», г. Донецк**  
**Экологический мониторинг состояния водных ресурсов и маловодья реки Кальмиус**

Кальмиус – это одна из основных рек Донбасса и одна из важнейших рек нашего региона в рамках хозяйственной деятельности человека. Река Кальмиус имеет протяженность 209 км и площадь бассейна 5070 км<sup>2</sup>. Исток реки расположен на южном склоне Донецкого Кряжа, возле г. Ясиноватой, устье – в Азовском море.

На современном этапе развития промышленных предприятий актуальным остается проблема оптимального перераспределения водохозяйственной деятельности с целью минимизации неблагоприятных последствий и для населения, и для природы. Данное исследование посвящено комплексному анализу возникшего маловодья на р. Кальмиус.

Современные климатические изменения оказывают все большее влияние на водные бассейны. Воздействие климатических изменений на водные ресурсы негативно сказывается на сельском хозяйстве, энергетике, рыбном промысле, на состоянии биоразнообразия природных экосистем.

Мониторинг динамики состояния водных ресурсов Донецкого региона является составной частью системы экологической безопасности Донецкой Народной Республики. Гидрометеорологический центр является подразделением Министерства чрезвычайных ситуаций ДНР, которое выполняет задачи по обеспечению регулярных и непрерывных гидрологических наблюдений. Регулярные гидрологические наблюдения за уровнем и расходом воды, ледовыми явлениями, осадками и другими явлениями обеспечивают 7 гидрологических постов I разряда на реках Кальмиус, Крынка, Ольховая и Миус.

Основной задачей экологического мониторинга состояния водных ресурсов является своевременное обеспечение гидрометеорологической информацией государственных и хозяйственных структур, а также населения ДНР.

Повышение уровня предупрежденности министерств, ведомств, предприятий, населения о возможном снижении уровня и расхода воды в водоемах ДНР, изменении количества загрязняющих веществ должно обеспечить уменьшение экологического и экономического ущерба окружающей природной среде.

В силу своего географического положения и чрезвычайно большого водопотребления ДНР испытывает острый недостаток в воде. Воды реки Кальмиус, кроме водоснабжения населенных пунктов и промышленных предприятий, расходуются также на заполнение водохранилищ и прудов, которые используются для гидроэнергетики, рыбного хозяйства, орошения и других народнохозяйственных нужд.

РЕКА КАЛЬМИУС, МАЛОВОДЬЕ, МОНИТОРИНГ

*D. A. Makeeva, D. A. Kozyr, O. A. Gutovskaia*  
**Donetsk National Technical University, Donetsk**  
**Environmental Monitoring of the Water Resources and Low Water Levels State**  
**in the Kalmius River**

Kalmius is one of the main rivers of Donbass and one of the most important rivers of our region in the framework of human economic activity. The Kalmius River has a length of 209 km and a basin area of 5070 km<sup>2</sup>. The source of the river is located on the southern slope of the Donetsk Ridge, near the town of Yasinovataya, the mouth is in the Sea of Azov.

At the present stage of industrial enterprises development, the problem of optimal redistribution of water management activities in order to minimize adverse consequences for both the population and nature remains relevant. This study is devoted to the comprehensive analysis of the low water occurrence in the Kalmius River.

Modern climatic changes are having an increasing impact on the water basins. The impact of climate change on water resources negatively affects agriculture, energy, fisheries, and the state of biodiversity of natural ecosystems.

The dynamics monitoring of the water resources state in the Donetsk region is an integral part of the environmental safety system of the Donetsk People's Republic. The Hydrometeorological Center is a subdivision of the DPR Ministry of Emergency Situations, which performs the tasks of ensuring the regular and continuous hydrological observations. The regular hydrological observations of the water level and discharge, ice phenomena, precipitation and other phenomena are provided by 7 hydrological posts of the 1st category on the Kalmius, Kryinka, Olkhovaya and Mius rivers.

The main task of environmental monitoring of the water resources state is the timely provision of hydrometeorological information to the state and economic structures, as well as the population of the DPR.



The increase in the level of ministries, departments, enterprises, the population warning about a possible decrease in the level and consumption of water in the basins of the DPR, changes in the amount of pollutants should ensure a decrease in the environmental and economic damage to the environment.

Due to its geographical position and extremely high water consumption, the DPR is experiencing an acute shortage of water. The waters of the river, in addition to water supply to settlements and industrial enterprises, are also used to fill reservoirs and ponds, which are used for hydropower, fisheries, irrigation and other national economic needs.

#### KALMIUS RIVER, LOW WATER, MONITORING

##### **Сведения об авторах:**

###### **Д. А. Макеева**

SPIN-код РИНЦ: 9826-0615  
Телефон: +38 (071) 420-25-17  
Эл. почта: daria.makejeva@mail.ru

###### **О. А. Гутовская**

Телефон: +38 (071) 331-34-84  
Эл. почта: oxanka197770@gmail.com

###### **Д. А. Козырь**

SPIN-код РИНЦ: 1695-4050  
Телефон: +38 (071) 331-17-08  
Эл. почта: kozurdmitrii@mail.ru

*Статья поступила 13.05.2021*

*© Д. А. Макеева, Д. А. Козырь, О. А. Гутовская, 2021*

*Рецензент: В. В. Лихачева, канд. техн. наук, доц., АДИ ГОУВПО «ДОННТУ»*