

EDN: QEFPGS

УДК 628.31

Е. Л. ГОЛОВАТЕНКОФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»,
Российская Федерация, Донецкая Народная Республика, г. о. Макеевский, г. Макеевка

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ НА ТЕРРИТОРИИ ДОНЕЦКОГО РЕГИОНА

Аннотация. В условиях высокоразвитой промышленности и большого количества населения в Донбассе ежедневно используют большое количество воды. Водные ресурсы региона активно используются водохозяйственным комплексом, который отличается высокой плотностью населения и высоким уровнем развития промышленности, представленной водоемкими и экологически опасными производствами, что на фоне низкой водообеспеченности местным стоком, требует принятия взвешенных управленческих решений по созданию условий для постоянного водоснабжения промышленных предприятий. Использование значительных объемов водных ресурсов на производственные потребности, загрязнение поверхностных и подземных источников промышленными и сельскохозяйственными стоками и отходами производств наносят большой вред водным объектам, приводят к истощению водных источников и потери способности к самоочистке. Сброс большого количества неочищенных сточных вод, а также многолетняя аккумуляция загрязняющих веществ в донных отложениях привели к тому, что большинство водных объектов области относится к категории грязных и очень грязных.

Ключевые слова: водные ресурсы, водоотведение, загрязняющие вещества, методы очистки.

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

ДНР – особенный регион, отличающийся дефицитом водных ресурсов. Сформировавшиеся в области отрасли промышленности характеризуются значительным водопотреблением. Водные ресурсы области формируются за счет транзитного притока поверхностных вод по р. Северский Донец, местного речного стока, формирующегося в пределах области, сточных, шахтных и карьерных вод, а также эксплуатационных запасов подземных вод, мощность которых в Донецкой области утверждена и зарегистрирована более 1,0 млн куб. м/сутки. Загрязнение природной воды создает угрозу для жизни и здоровья населения, а так же существования биосферы в целом. Поэтому оценка состояния водных экосистем под действием антропогенных факторов является одной из наиболее актуальных задач для охраны поверхностных водных ресурсов.

ЦЕЛЬ

Проанализировать состояние водных экосистем под действием антропогенных факторов для охраны поверхностных водных ресурсов.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Водные ресурсы области формируются за счет транзитного притока поверхностных вод по р. Северский Донец, местного речного стока, формирующегося в пределах области, сточных, шахтных и карьерных вод, а также эксплуатационных запасов подземных вод, мощность которых в Донецкой области утверждена и зарегистрирована более 1,0 млн куб. м/сутки. Естественный сток рек, который формируется в пределах области, регулируется 130 водохранилищами и 2 206 ставкам. Крупнейшие водохранилища – Кураховское, Углегорское, Старобешевское, Клебан-Быкское, Карловское,



Павлопольское, Старокрымское и Краснооскольское. Кроме регуляции речного стока водохранилищами и прудами, природный дефицит воды покрывается за счет канала Северский Донец-Донбасс, который на 80 % обеспечивает область водой для питьевого водоснабжения. Показатели использования и водоотведения воды за 2012–2022 гг. приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Показатели использования и водоотведения воды, млн м³

Показатели	2012 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.
Забрано воды из природных водных объектов – всего	2 446	2 277	2 364	2 164	1 958	2 007	2 142
в том числе для использования							
Потреблено свежей воды (включая морскую) с нее на:	1 751	1 562,3	1 633,3	1 270	1 345,9	1 467	1 479
производственные потребности	406,8	339	342	366,6	274,9	280,4	289
бытовые-питьевые потребности	460,7	295,5	272	261,3	234,2	230,7	229,4
орошение	53,6	22,8	25,8	21,7	15,8	16,3	13
сельскохозяйственные потребности	21	9,4	9	8,2	7,7	7,5	7,4
прудно-рыбное хозяйство	14,5	16	10,9	14	22,9	36,2	20
Потери воды при транспортировке	262,7	332,6	330,2	314,2	262,7	310,2	296,9
Общее водоотведение, из него в поверхностные водные объекты в том числе	1 751	1 653	1 697	1 544	1 274	1 503	1 526
загрязненных оборотных вод	942,8	1374,4	1438,3	614,5	530,6	550,3	554,2
нормативно очищенных	286,6	247,8	225,9	238,4	202,2	200,6	210,9
нормативно чистых без очистки	521,3	30,8	32,6	691,5	497,3	752	761
Объем оборотной и последовательно использованной воды	7 832	7 843,7	7 850,3	7 787	6 797	7 143	7 625
Процент экономии свежей воды за счет оборотной и последовательно использованной, %	86,8	87	86,7	85,3	86,6	86	86,4
Мощность очистных сооружений	1 534	1 485	1 529	1 532	1 537	1 513	1 656

Забор воды по области в 2022 году составил 2 142 млн м³, что на 135 млн м³ (6 %) больше, чем в 2021 году (таблица 1). В том числе забрано 377 млн м³ подземной воды (из них 329,8 – шахтные и карьерные), что на 10 млн м³ меньше, чем в 2021 году. За последние 10 лет забор воды по области уменьшился почти на 600 млн м³ (20 %). Это, прежде всего, связано с повышением стоимости воды и, как следствие, с ее более экономным использованием.

Однако интенсивность использования водных ресурсов в области остается самой высокой в ДНР (таблица 2). В связи с этим, область занимает первое место в стране и по сбросу загрязненных сточных вод.

Таблица 2 – Использование водных ресурсов Донецкой области на 2019 г.

	Потребление свежей воды, млн м ³	Объем повторно использованной воды, млн м ³	Сброс загрязненных вод, млн м ³	Часть в общем объеме сброса оборотных вод, %
Донецкая область	1 562	8 018	1 374	83

Водные ресурсы региона активно используются водохозяйственным комплексом, который отличается высокой плотностью населения и высоким уровнем развития промышленности, представленной водоемкими и экологически опасными производствами, что на фоне низкой водообеспеченности местным стоком, требует принятия взвешенных управленческих решений по созданию условий для постоянного водоснабжения промышленных предприятий.

Тепловое загрязнение связано с повышением температуры вод в результате их смешивания с более нагретыми поверхностными или технологическими водами. Оно вызывается тепловыми электростанциями и металлургическими предприятиями и вносится в поверхностные водоемы с отработанной охлаждающей водой (таблица 3).

Таблица 3 – Использование ресурсов малых рек для работы ТЭС Донецкой области

№ п/п	ТЭС	Река	Технологические особенности системы охлаждения
1.	Зуевская	Крынка	Брызгалки и градирни, оборотная
2.	Славянская	Северский Донец	Прямоточно-оборотная, пруды-охладители
3.	Старобешевская	Кальмиус	Градирни, оборотная, водохранилище
4.	Мироновская	Лугань	Оборотная, пруд-охладитель
5.	Кураховская	Волчья	Оборотная, водохранилище
6.	Углегорская	Лугань	Оборотная, водохранилище

На каждый 1 МВт выработанной электроэнергии приходится – 3 т пара, на каждую 1 т пара, которая конденсируется в конденсаторе, требуется до 50 т охлаждающей воды. Для средней станции, например Старобешевской мощностью 1 000 МВт, приходится 3 000 т пара, при этом выбрасывается 150 000 т воды/ч с выбросом тепла. В этой воде химических загрязнений относительно мало, но тепловое загрязнение очень большое.

В 2022 году в Донецкой области сброс сточных вод по учету осуществляли 272 предприятия-водопользователя в объеме 1 526 млн м³. Объем сброшенных в поверхностные водные объекты сточных вод в 2021 году составил 1 503 млн м³. Сброс загрязненных сточных вод с 550,3 в 2021 году несколько увеличился в 2022 году – до 554,2 млн м³. И хотя количество загрязненных сточных вод увеличилось, однако, процент их от общего количества сброшенных вод уменьшился до уровня 36 % (таблица 4).

Таблица 4 – Динамика сброса оборотных вод, млн м³

Показатели	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.
Сброшено оборотных вод, всего	1 699	1 544	1 232	1 504	1 529
в том числе:					
в подземные горизонты	–	–	0,03	–	–
в накопители и на поля фильтрации	2	–	1,5	0,8	2,9
в поверхностные водные объекты	1 697	1 544	1 230	1 503	1 526
Сброшено оборотных вод в поверхностные водные объекты, всего	1 697	1 544	1 230	1 503	1 526
из них:					
нормативно очищенных, всего	225,9	238,4	202,2	200,6	210,9
в том числе:					
на сооружениях биологической очистки	195,5	190	174	158	157
на сооружениях физико-химической очистки	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3
на сооружениях механической очистки	30,2	48,2	28	42,2	53,6
нормативно (условно) чистых без очистки	32,6	691,5*	497,3*	752*	761*
загрязненных, всего	1 438	614,5*	530,6*	550,3*	554,2*
в том числе:					
недостаточно очищенных	601,8	550,2	513,4	533,5	541,7
без очистки	836,5*	770,8	17,2	16,8	12,5

Характеристика сточных вод и способов их очистки приведена в таблице 5. Под очисткой воды понимается обработка сточных вод с целью разрушения или удаления из нее загрязнений и вредных примесей. Выбор метода очистки индивидуален в каждом случае, и зависит от степени загрязнения воды, наличия вредных примесей, степени их вредности, расхода сточных вод, необходимой степени очистки, местных условий (рельефа местности, характера грунтов), энергетических затрат и др. Выбирать следует наиболее простые в эксплуатации и экономичные процессы очистки, позволяющие извлекать ценные компоненты, кислоты, щелочи, и использовать очищенную воду в системах оборотного, последовательного или замкнутого водоотведения или для сброса в водные объекты.

Таблица 5 – Классификация методов извлечения веществ

Тип загрязнителя	Методы очистки
Нерастворимые в воде грубодисперсные примеси - взвеси, суспензии и эмульсии (первая группа), образуют с водой гетерогенные кинетически неустойчивые соединения	Механические методы
Вещества коллоидной степени дисперсности ($R < 0,1$ мкм), образующие с водой гидрофильные и гидрофобные системы, близкие к коллоидным растворам (вторая группа)	Флотация, электрофлотация, диализ, коагуляция, электрокоагуляция, флокуляция, фильтрация
Вещества молекулярной степени дисперсности ($R < 0,01$ мкм). Растворимые органические соединения (третья группа)	Ультрафильтрация, сорбция с применением активированных углей
Ионные растворы ($R < 0,001$ мкм). Растворы солей, кислот, щелочей, ионы металлов - электролиты (четвертая группа)	Электродиализ, обратный осмос, ионный обмен, электролиз, химические, реagentные, биологические, биохимические методы, дистилляция

Выбор оптимальных технологических схем очистки сточной воды обуславливается многообразием находящихся в воде примесей, концентрацией загрязнений и высокими требованиями, предъявляемыми к качеству воды. Проведены исследования использования осадительных, реagentных и биологических методов для очистки сточных вод. Выделения из сточных вод нерастворимых примесей происходит под действием гравитационных и центробежных сил. К аппаратам, предназначенным для выделения твердых и жидких примесей, основанных на гидродинамических закономерностях процесса отстаивания, относятся песколовки, отстойники и тонкослойные отстойники. Отстойники применяют для удаления нерастворенных дисперсных загрязнений, находящихся во взвешенном и плавающем состоянии под действием гравитационных сил. Процесс прост, достаточно эффективен, требует малых энергетических затрат и поэтому широко распространен в технологии очистки сточных вод.

В тонкослойных элементах имеет место ламинарный поток движения близкий к идеальному вытеснению, что обеспечивает устойчивую работу этих аппаратов при значительных колебаниях нагрузки и изменениях температуры (рис. 1).

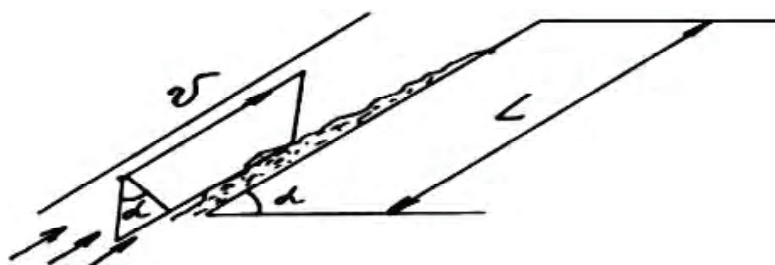


Рисунок 1 – Схема работы тонкослойного элемента.

Схема многоярусного тонкослойного отстойника показана на рисунке 2.

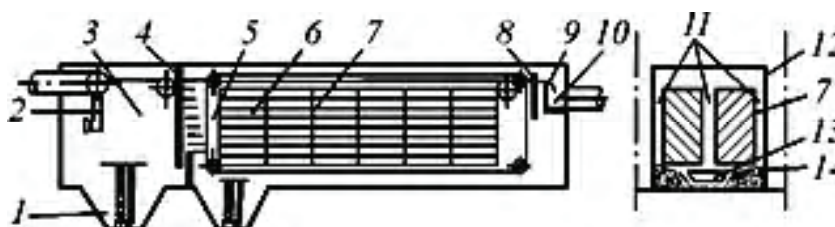


Рисунок 2 – Многоярусный тонкослойный отстойник с перекрестным движением воды и выделенного осадка:
 1 – приямок для осадка; 2 – впускное устройство; 3 – зона грубой очистки; 4 – распределительное устройство;
 5 – зона тонкой очистки; 6 – ярусы; 7 – блок пластин; 8 – полупогруженная перегородка; 9 – водослив;
 10 – водоприемный лоток; 11 – зазоры, перегораживаемые щитками; 12 – корпус; 13 – скребок; 14 – лоток.

Отстойник изготовлен из железобетонного резервуара 12 прямоугольной формы. Отличительной особенностью является наличие двух зон отстаивания 3 и 5, имеющих самостоятельные приямки 1 для осадка. Сточная вода подается в первую зону грубой очистки 3, где из воды выделяются крупный песок. Наличие этой зоны позволяет отказаться от применения песколовков на очистных сооружениях.

После извлечения крупнодисперсных загрязнений, поток воды поступает в вертикальный канал пропорционального водораспределительного устройства 4, расположенного между первым и вторым приямками. Распределенный по сечению второй зоны поток жидкости поступает в пространство, разделенное параллельными пластинами на ярусы 6. Пластины объединены в блоки 7. Расстояние между блоками и распределительным устройством должно обеспечивать проход скребка. При движении рабочего потока в ярусах выделяются мелкодисперсные частицы и взвешенные вещества. Загрязнения всплывают к верхним пластинам яруса, укрупняются и движутся вверх по образующей яруса к периферии, а затем поднимаются на поверхность воды.

Существенно интенсифицировать процессы очистки воды в тонкослойных аппаратах удалось за счет применения процесса «Actiflo» (рис. 3).

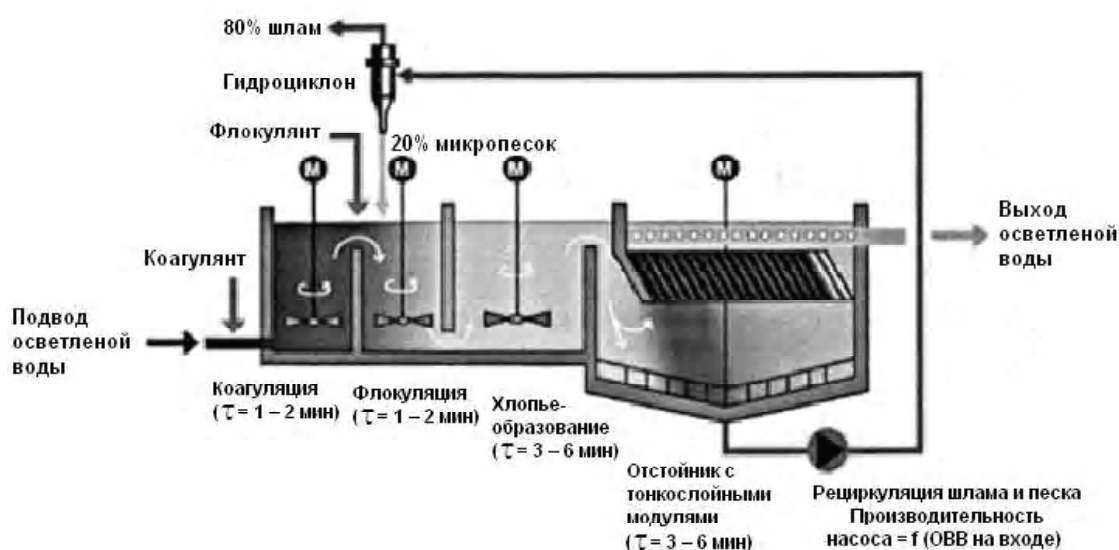


Рисунок 3 – Схема установки «Actiflo».

Исходная вода поступает в первую камеру быстрого смешения (камера коагуляции). Здесь для дестабилизации взвешенных и коллоидных веществ в воду, поступающую на очистку, добавляется коагулянт. Интенсивное перемешивание, предусмотренное на этой стадии процесса, служит для полного равномерного введения коагулянта в исходную воду. Время пребывания в камере коагуляции составляет около 2 мин. После коагуляции вода поступает во вторую камеру быстрого смешения, в которой происходит добавление микропеска. Он служит в качестве «присадки» для образования хлопьев и развития процесса на следующем этапе технологического процесса. Время пребывания в камере ввода микропеска составляет ~2 мин.

Преимущества процесса: 1) высокая эффективность очистки (снижение мутности > 90 %); 2) малая площадь размещения в сравнении с обычными осветлителями; 3) малые объемы общестроительных работ; 4) адаптивность: быстро реагирует на изменение качества исходной воды; обеспечивает постоянное высокое качество очищенной воды.

Металлы постепенно накапливаются в водных экосистемах и перераспределяются между отдельными видами организмов и неорганическими составляющими водоемов. Важным является применение соответствующих мер для очистки от загрязнений, поскольку избыточные дозы тяжелых металлов типа Cd, Cr, Cu, Ni и Zn разрушают естественные водные и наземные экосистемы. Одним из видов самоочищения водоемов является поглощение и накопление водной растительностью химических веществ (фитотехнологии), в том числе и тяжелых металлов.

Биоплато – искусственно созданные очистные системы для очистки сточных вод, с применением высших водных растений и микроорганизмов, при протекании через которых происходит процесс фильтрации, осаждения, поглощения и адсорбции. Применяются для очистки поверхностного и дренажного стока, а также для доочистки различных категорий сточных вод. Конструкция биоплато обеспечивает движение потока жидкости, которая очищается в горизонтальной плоскости – через заросли макрофитов и в вертикальной – через насыщенную корнями прослойку грунтов, насыщенную микрофлорой и хорошо развитым альгоценозом (рис. 4).

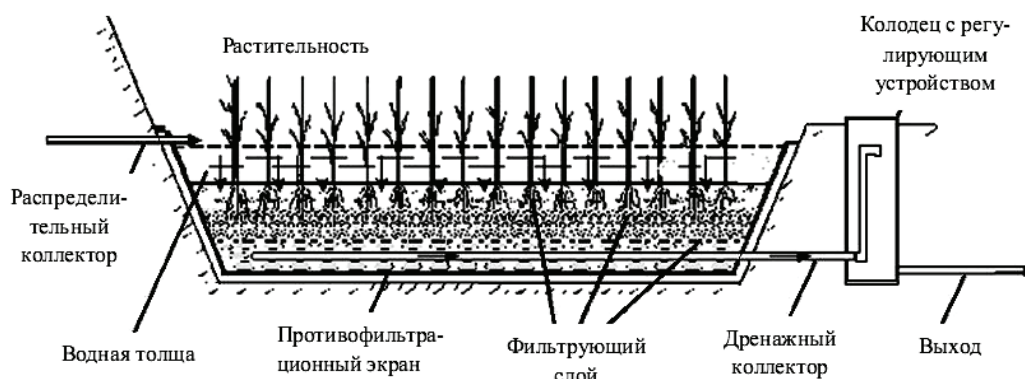


Рисунок 4 – Схема биоплато.

Биоплато имеет ряд крупных преимуществ: 1) экономический анализ строительства и эксплуатации сооружений биоплато показал их несомненные преимущества – стоимость такой системы очистки намного меньше по сравнению со стоимостью традиционных очистных сооружений, при удовлетворительном качестве очистки воды от соединений азота, фосфора, взвешенных и органических веществ; 2) экологично, является биотопом для многих диких организмов; 3) для размещения и строительства можно использовать земли, которые не подлежат для какого-либо использования – бывшие свалки, пустыри, балки, заболоченные места и др.; 4) строительство сооружений для фитоочистки очень простое, осуществляется из местных материалов и не требует квалифицированной рабочей силы, специальных механизмов и дорогих материалов; 5) для эксплуатации биоплато и сооружений механической очистки достаточно 1 работника со средним уровнем квалификации; 6) при эксплуатации не используется электроэнергия, тепло и реагенты; 7) эффективно способствует защите водных объектов от загрязнения; 8) очистка до действующих экологических требований; 9) сроки введения в эксплуатацию биоплато – через 2 – 6 месяцев после начала строительства; 10) срок работы в автономном режиме без капитального ремонта до 30 лет и больше, т. к. это самовосстанавливающаяся система, поверхностные блоки в ремонте не нуждаются. Основная идея данной технологии очистки воды заключается в использовании природных элементов, которые функционируют благодаря солнечной энергии и не требуют обслуживания.

ВЫВОДЫ

Приведена характеристика поверхностных и сточных вод региона. Донбасс отличается с одной стороны дефицитом водных ресурсов пресных вод, с другой стороны наличием значительного количества минерализованных стоков. Сточные воды загрязнены повышенной концентрацией соединений железа. Среднегодовая концентрация железа в контрольных створах водных объектов региона равна $0,19 \text{ мг/дм}^3$, при ПДК = $0,1 \text{ мг/дм}^3$.

Процент повышенных концентраций соединений тяжелых металлов до 16,2 % анализов, что свидетельствует о высоком уровне загрязнения. На долю солевых показателей приходится около 94 % от общего поступления загрязняющих веществ. 77 % вод загрязненных тяжелыми металлами, в них суммарный объем накопленных высокоминерализованных вод достигает 1 куб. км.

Основным фактором воздействия водной среды на поведение тяжелых металлов является показатель pH. Оптимальные значения показателей pH для осаждения отдельных тяжелых металлов существенно отличаются, что вызывает необходимость использования ступенчатого осаждения при наличии в сточных водах многих компонентов.

Обоснованы преимущества применения процесса Actiflo, обеспечивающего наиболее высокую производительность за счет снижения индукционного периода, потому что в центр кристаллизации вводится песок. Он малочувствителен к изменению температуры, изменению нагрузки и получается относительно стабильного качества осветленная вода при переработке большого количества стоков.

Обоснованы приоритетные направления очистки сточных вод от тяжелых металлов с использованием осадительной технологии, реагентов и высших водных растений. Для повышения степени очистки воды предпочтительно использование комбинации двух или более методов.

Обоснована целесообразность использования биологических методов очистки с применением секционирования биоплато для создания последовательных потоков воды с приближением к работе реакторов идеального вытеснения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Экологические проблемы Восточного Донбасса / В. В. Приваленко, З. Р. Кузина, Г. Ю. Коломенский [и др.]. – Текст : непосредственный // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: естественные науки. – 2004. – № S7. – С. 36–49.
2. Головатенко, Е. Л. Экологическая безопасность водных объектов донецкого региона / Е. Л. Головатенко, В. А. Максимов. – Текст : непосредственный // Природопользование и безопасность жизнедеятельности : сборник докладов студенческой конференции, Донецк, 7 апреля 2022 г. / редакционная коллегия А. Макеева, Д. А. Козырь. – Донецк : ДОННТУ, 2022. – С. 69–71.
3. Бирман, Ю. А. Инженерная защита окружающей среды. Очистка вод. Утилизация отходов / Ю. А. Бирман, Н. Г. Вурдовой. – Москва : Издательство АСВ, 2015. – 296 с. – ISBN 5-93093-121-3. – Текст : непосредственный.
4. Paull, D. Monitoring the Environmental Impact of Mining in Remote Locations through Remotely Sensed Data / D. Paull, G. Banks, C. Ballard [et al.]. – Текст : непосредственный // Geocarto International. – 2006. – № 1. – Р. 33–42.
5. Ворон, Л. В. Проблемы очистки шахтных вод / Л. В. Ворон, Л. Р. Ланге, А. М. Благоразумова. – Текст : непосредственный // Вестник Сибирского государственного индустриального университета. – 2015. – № 2(15). – С. 76–79. – ISBN 628-034.
6. Проектирование систем сбора и очистки поверхностных сточных вод : учебное пособие / Е. И. Вялкова, С. В. Максимова, Ю. А. Иванюшин, А. М. Фугаева. – Тюмень : Тюменский индустриальный университет, 2020. – 140 с. – ISBN 978-5-9961-2371-1. – Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. – URL: <https://www.iprbookshop.ru/115058.html> (дата обращения: 02.10.2023). – Режим доступа: для авторизир. пользователей.
7. Ахмадуллина, Ф. Ю. Реагентная очистка сточных вод от тяжелых металлов. Теоретические основы, материальные расчеты : учебное пособие / Ф. Ю. Ахмадуллина, Л. А. Федотова, Р. К. Закиров. – Казань : Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2016. – 92 с. – ISBN 978-5-7882-1819-9. – Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. – URL: <https://www.iprbookshop.ru/62263.html> (дата обращения: 02.10.2023). – Режим доступа: для авторизир. пользователей.
8. Барабаш, Н. В. Биохимические методы очистки сточных вод : учебное пособие / Н. В. Барабаш. – Ставрополь : Северо-Кавказский федеральный университет, 2015. – 98 с. – Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. – URL: <https://www.iprbookshop.ru/63076.html> (дата обращения: 02.10.2023). – Режим доступа: для авторизир. пользователей.

Получена 18.10.2023

Принята 27.10.2023

К. Л. ГОЛОВАТЕНКО

ОЦІНКА СТАНУ ВОДНИХ РЕСУРСІВ НА ТЕРИТОРІЇ ДОНЕЦЬКОГО РЕГІОНУ

ФДБОУ ВО ФДБОУ ВО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури», Російська Федерація, Донецька Народна Республіка, м. о. Макіївський, м. Макіївка

Анотація. В умовах високорозвиненої промисловості і великої кількості населення в Донбасі щодня використовують велику кількість води. Водні ресурси регіону активно використовуються водогосподарським комплексом, який відрізняється високою щільністю населення і високим рівнем розвитку промисловості, представленої водоемкими і екологічно небезпечними виробництвами, що на тлі низької водозабезпеченості місцевим стоком, вимагає прийняття зважених управлінських рішень щодо створення умов для постійного водопостачання промислових підприємств. Використання значних обсягів водних ресурсів на виробничі потреби, забруднення поверхневих і підземних джерел промисловими і сільськогосподарськими стоками і відходами виробництв завдають великої шкоди водним об'єктам, призводять до виснаження водних джерел і втрати здатності до самоочищення.

Скидання великої кількості неочищених стічних вод, а також багаторічна акумуляція забруднюючих речовин в донних відкладеннях призвели до того, що більшість водних об'єктів області відноситься до категорії брудних і дуже брудних.

Ключові слова: водні ресурси, водовідведення, забруднюючі речовини, методи очищення.

EKATERINA GOLOVATENKO
ASSESSMENT OF THE STATE OF WATER RESOURCES IN THE DONETSK
REGION

FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture», Russian Federation, Makeevka

Abstract. In conditions of highly developed industry and a large number of people in the Donbass, a large amount of water is used daily. The water resources of the region are actively used by the water management complex, which is characterized by a high population density and a high level of industrial development, represented by water-intensive and environmentally hazardous industries, which, against the background of low water supply with local runoff, requires balanced management decisions to create conditions for permanent water supply to industrial enterprises. The use of significant amounts of water resources for production needs, pollution of surface and underground sources by industrial and agricultural effluents and industrial waste cause great harm to water bodies, lead to depletion of water sources and loss of the ability to self-clean. The discharge of a large amount of untreated wastewater, as well as the long-term accumulation of pollutants in the bottom sediments led to the fact that most of the water bodies of the region belong to the category of dirty and very dirty.

Keywords: water resources, wastewater disposal, pollutants, purification methods.

Головатенко Катерина Леонидовна – ассистент кафедры техносферной безопасности ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: повышение уровня экологической безопасности в технологических циклах оборотного водоснабжения; снижение негативного воздействия на водные объекты путем совершенствования технологии обработки сточных вод.

Головатенко Катерина Леонідівна – асистент кафедри техносферної безпеки ФДБОУ ВО ФДБОУ ВО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: підвищення рівня екологічної безпеки в технологічних циклах оборотного водопостачання; зниження негативного впливу на водні об'єкти шляхом вдосконалення технології обробки стічних вод.

Golovatenko Ekaterina – Assistant, Technosphere Safety Department, FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture». Scientific interests: increasing the level of environmental safety in the technological cycles of circulating water supply; reducing the negative impact on water bodies by improving wastewater treatment technology.