

**ОЦЕНКА КАЧЕСТВА АНОЛИТА КАК ДЕЗИНФЕКТАНТА
СТОЧНОЙ ВОДЫ ИЗ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ПЛОЩАДКИ**

© С. Д. Сатыбалдинова^{1*}, Ж. С. Абай², К. А. Шораева²,
И. А. Ахажанова¹, З. Д. Ершебулов^{1,2}, С. О. Садикалиева^{1,2}

¹ТОО «ОтарБиоФарм»

Республика Казахстан, Жамбылская область, Кордайский район, 080409 пгт. Гвардейский, ул. Б. Момышулы, 17/2.

²Научно-исследовательский институт проблем биологической безопасности

Министерства здравоохранения Республики Казахстан (НИИПББ МЗ РК)

Республика Казахстан, Жамбылская область, Кордайский район, 080409 пгт. Гвардейский, ул. Б. Момышулы, 15.

Тел.: +7 (726 36) 7 91 00.

*Email address: satybaldinovasyymbat@gmail.com

В статье представлена работа по оценке качества дезинфицирующего средства «Анолит», химический элементный состав которого точно соответствует химическому элементному составу исходного раствора, где основными компонентами являются вода и хлорид натрия. Концентрация активного хлора в анолите составляет 500 мг/л. Данное дезинфицирующее средство использовалось при обеззараживании сточной воды из производственной площадки. Для проведения данного исследования была определена оптимальная концентрация анолита методом мембранной фильтрации. Наиболее эффективная концентрация анолита для обеззараживания сточной воды составила 35 мг/л. Контроль эффективности дезинфекции проводили по таким параметрам, как концентрация ионов водорода, электропроводность, содержание катионов и анионов, а также содержание эндотоксинов. В ходе данной работы были получены результаты по показателю pH при различных температурах, где до обработки анолитом данный показатель показывал около 7.5, тогда как после обработки с повышением температуры он снизился до 7.3. По показаниям pH была построена зависимость «значения pH от температуры». Результаты по показателю электропроводности сточной воды до и после обеззараживания при повышении температуры находились в диапазоне 13.35–15.35 мкСм/см. Была построена диаграмма зависимости «значения электропроводности от температуры», где наглядно показано, что с увеличением температуры показания электропроводности увеличиваются. Также методом капиллярного электрофореза в производственной сточной воде были зафиксированы ионы стронция (4 130 мг/л), бария (116.7 мг/л), фторида (1 817 мг/л) и фосфата (143.6 мг/л). Концентрации данных ионов после обработки анолитом уменьшились и составили 3 692, 106.6, 1 797 и 139.8 мг/л соответственно. Концентрация эндотоксинов в сточной воде до и после обработки дезинфектантом составила 150 ЕЭ/мл и 1.5 ЕЭ/мл соответственно.

Ключевые слова: дезинфекция, стерильность, эндотоксины, показатель кислотности (pH), электропроводность (УЭП), анионы, катионы.

Введение

Вода является важным природным ресурсом, а безопасная вода жизненно важна для существования человека и хорошего качества жизни. Нехватка воды является серьезной проблемой, которая затрагивает большую часть мира и стала более острой в последние годы. Сточные воды обычно подразделяются на две основные группы: стоки хозяйственно-бытового происхождения и производственные. Так, бытовым сточным водам присуще наличие большого количества различных микробов. В производственных обычно их содержится поменьше, однако они также отрицательно влияют на окружающую среду и здоровье людей из-за наличия в них большого количества неорганических (свинец, ртуть, сода, сульфаты, азот, марганец, никель, щелочь) и органических веществ (метан, аммиак, пестициды, бензол, альдегиды, толуол, смолы, фенолы) [1].

В процессах эксплуатации промышленного оборудования образуются сточные воды, которые

требуют специальной очистки перед сбросом в канализационные системы. Например, сточные воды заводов черной и цветной металлургии загрязнены большим количеством взвешенных минеральных веществ, содержат цветные металлы и железо, сульфаты, хлориды, смолы и масла, серную кислоту, железный купорос. Нефтеперерабатывающие заводы и нефтепромыслы сбрасывают нефть и нефтепродукты, хлориды, взвешенные вещества, возможно присутствие железа и сероводорода [2].

Дезинфекция позволяет сточную воду использовать повторно без угрозы заражения людей, флоры и фауны. Обеззараживание сточной воды уничтожает бактерии, вирусы, грибки и паразиты, вызывающие болезни, нередко опасные для жизни. Дезактивацией токсичных соединений предупреждают отравления, спровоцированные тяжелыми металлами, ядами, пестицидами или иными вредными веществами [3].

Последствия повторного использования очищенных сточных вод для сельского хозяйства, для

здоровья человека и окружающей среды по-прежнему вызывают некоторые опасения. В частности, микробиологические параметры представляют наибольшую угрозу для повторного использования сточных вод в сельском хозяйстве из-за частого присутствия патогенных микроорганизмов в сточных водах [4].

Вторичное использование разрешается при условии, если будет обеспечена полная экологическая безопасность (т.е. такое использование не должно наносить ущерб сложившейся экосистеме, почве и культурным растениям), а также исключен всякий риск для местного населения в санитарно-гигиеническом отношении. В связи с чем очень важно соблюдение требований действующих нормативных документов в части охраны здоровья и безопасности, а также действующих отраслевых норм и правил для промышленности и сельского хозяйства [5].

Для каждого повторного использования очищенных сточных вод должны соблюдаться критерии безопасности и должны быть определены потенциальные риски, связанные с процессами, в соответствии с руководящими принципами Всемирной организации здравоохранения. Стандартные критерии основаны на установлении пороговых значений для конкретных физико-химических и микробиологических параметров. Эти значения должны быть выполнены перед использованием очищенных сточных вод для целей орошения.

Проведение процедуры очистки стоков на искусственных очистительных сооружениях, таких как аэротенки и биофильтры, позволяет удалить из стоков 95% всех опасных микроорганизмов. А очистка сточных вод на полях орошения уничтожает 99% бактерий. Но даже содержание 1–5% вредоносных микроорганизмов в стоках – это очень много и опасно для здоровья человека, а также флоры и фауны [6].

Целью данной работы была оценка качества анолита, используемого в качестве дезинфектанта

сточной воды из производственной площадки по таким химическим и микробиологическим параметрам, как показатель кислотности (рН), электропроводность (УЭП), содержание анионов и катионов, а также стерильность и содержание эндотоксинов.

Результаты

Повторное использование сточных вод является эффективным способом решения проблемы нехватки водных ресурсов. В связи с этим одним из важных показателей ее качества является санитарно-микробиологический показатель. Контроль эффективности обеззараживания сточной воды проводили методом мембранной фильтрации в жидкой среде Сабуро в соответствии с ГФ РК (т. 2, стр. 24).

Для подбора оптимальной концентрации анолита для эффективного обеззараживания воды было сделано разведение анолита в соотношениях, указанных в *табл. 1*, с дальнейшим исследованием полученных образцов путем посева на агаровые чашки и инкубации в течение 7 дней.

По истечении 7 дней все чашки, кроме чашки с концентрацией 17.5 мг/л, остались чистыми. В данной чашке с концентрацией 17.5 мг/л наблюдался небольшой рост колонии (*рис. 1*).

По результатам анализа для эффективного обеззараживания сточной воды из производственной площадки достаточно использование анолита с концентрацией 35 мг/л.

Дальнейшее исследование при оценке эффективности обеззараживания воды анолитом было сравнение некоторых таких показателей, как содержание эндотоксинов, анионов и катионов, рН и УЭП до и после обеззараживания сточной воды анолитом с концентрацией 35 мг/л.

Определение содержания эндотоксинов проводили в соответствии с ГФ РК (т. 1, стр. 191) методом постановки ЛАЛ-тест при двух повторностях. Полученные результаты представлены в *табл. 2*.

Таблица 1

Разведение анолита для подбора оптимальной концентрации для эффективного обеззараживания сточной воды

Объем сточной воды, мл	100	100	100	100	100	100	100
Объем анолита, мл	224	112	56	28	14	7	3.5
Концентрация анолита, мг/л	1 120	560	280	140	70	35	17.5

Таблица 2

Результаты анализа определения содержания эндотоксинов

Наименование	Повторность	До обеззараживания	После обеззараживания
Сточная вода	1	±150 ЕЭ/мл	±1.5 ЕЭ/мл
	2	±150 ЕЭ/мл	±1.5 ЕЭ/мл

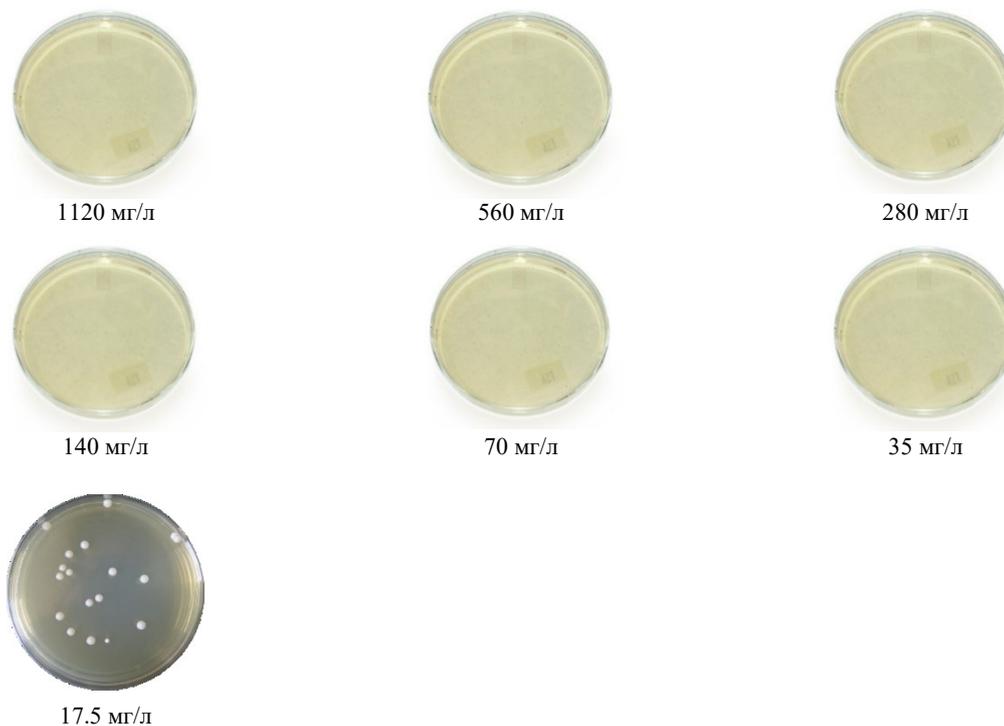


Рис. 1. Результаты определения оптимальной концентрации для обеззараживания сточной воды.

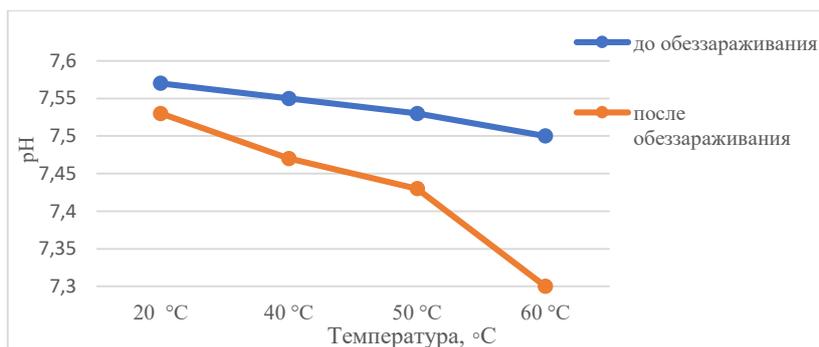


Рис. 2. Зависимость pH сточной воды от температуры до и после обработки анолитом.

Полученные результаты при двух повторностях по определению концентрации эндотоксинов в сточной воде после обработки анолитом находятся в пределах допустимых значений и составляют ± 1.5 ЕЭ/мл. Причем до обработки анолитом сточной воды показание по данному параметру составляло ± 150 ЕЭ/мл, что также доказывает достаточную эффективность обеззараживания сточной воды анолитом с концентрацией 35 мг/л.

Вторым показателем при оценке эффективности обеззараживания воды анолитом было определение pH до и после обработки сточной воды. Анализ определения pH проводили с помощью прибора pH-метр, согласно ГФ РК (т. 1, стр. 41) при повышении температуры.

На основе полученных результатов была построена диаграмма «Зависимость pH сточной воды от температуры до и после обработки анолитом» (рис. 2). Данная диаграмма наглядно показывает, что после обработки сточной воды анолитом значение pH незначительно уменьшилось при температуре 20 °C на 0.04. Однако при 60 °C значение pH снизилось на 0.2, т.е. уменьшилось в 5 раз по сравнению со значениями, полученными при температуре 20 °C.

Следующим анализом было определение УЭП сточной воды до и после обработки анолитом. Данный анализ проводили в соответствии с ГФ РК (т. 2, стр. 165) в диапазоне температур от 20 до 60 °C.

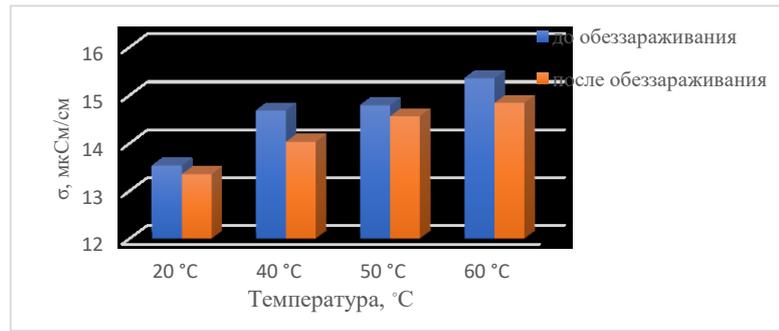


Рис. 3. Зависимость УЭП сточной воды от температуры до и после обработки анолитом.

Полученные результаты, представленные в виде диаграммы на рис. 3, показывают, что значения УЭП сточной воды до обработки анолитом, как и после обработки, с увеличением температуры увеличиваются. Также данная диаграмма демонстрирует то, что значения УЭП после обработки воды анолитом ниже в сравнении со значениями, полученными до обеззараживания.

Следующим параметром при оценке качества анолита было определение содержания катионов и анионов в сточной воде до и после обработки анолитом. Результаты представлены ниже в виде электрофореграмм (ЭФГ) (рис. 4 а, б – 5 а, б).

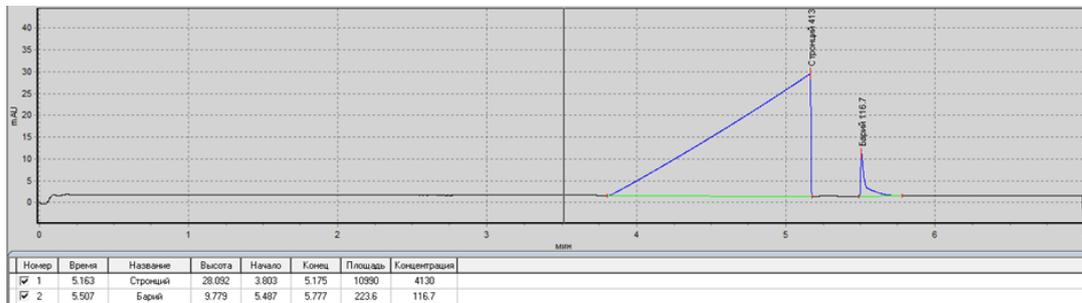


Рис. 4 а. ЭФГ сточной воды до обработки анолитом (катионы).

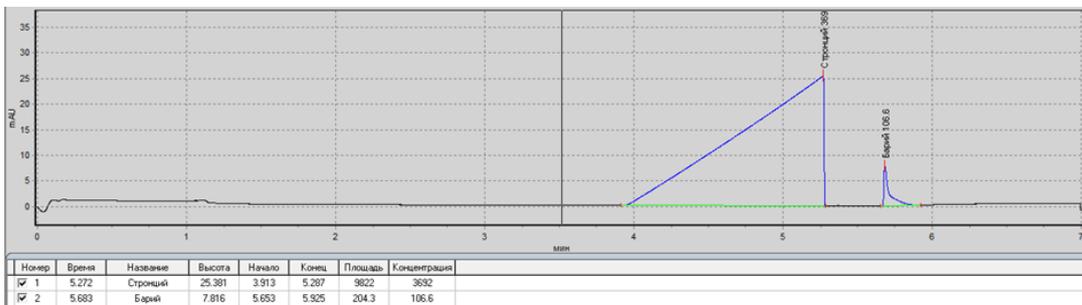


Рис. 4 б. ЭФГ сточной воды после обработки анолитом (катионы).

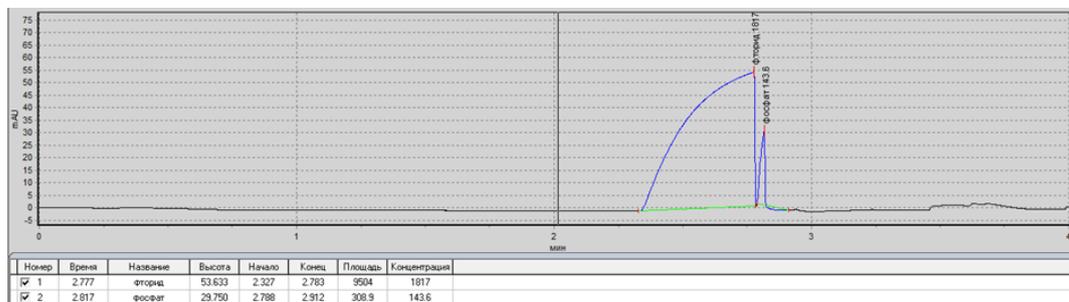


Рис. 5 а. ЭФГ сточной воды до обработки анолитом (анионы).

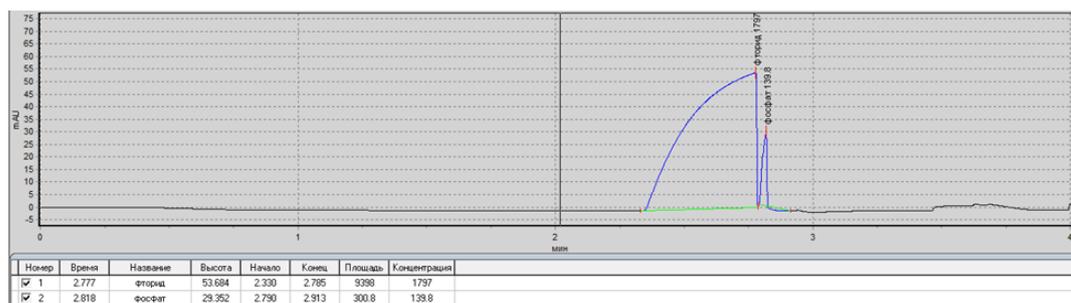


Рис. 5 б. ЭФГ сточной воды после обработки анолитом (анионы).

Судя по данным ЭФГ, после обработки анолитом сточной воды содержание обнаруженных ионов незначительно снизилось. Так, концентрации стронция (Sr^{2+}), бария (Ba^{2+}), фторида (F^-) и фосфата (PO_4^{3-}) до обработки анолитом составляли 4130, 116.7, 1 817 и 143.6 мг/л соответственно, а после обработки анолитом составили 3 692, 106.6, 1 797 и 139.8 мг/л соответственно. Полученные данные для сточной воды до и после обработки анолитом не показали существенной разницы в результатах.

Обсуждение результатов

В последнее время увеличилось число исследований, посвященных изучению загрязнения эндотоксинами водопроводной и сточных вод, а также их опасности для здоровья человека. Эндотоксины имеют большое значение в патофизиологии многих патологических процессов, которые оказывают неблагоприятное воздействие на здоровье человека и вызывают серьезный и широкий спектр рисков для здоровья и даже смерть. Воздействие эндотоксинов в сточных и водопроводных водах при вдыхании способствует увеличению у работников канализации распространенности таких симптомов, как гриппоподобные, гастроинтестинальные и неврологические симптомы [7–8]. Следовательно, механические методы очистки сточных вод не позволяют эффективно удалять эндотоксины.

В литературе встречаются немало работ, в которых авторы исследуют источники эндотоксина и их риск для здоровья, методы обнаружения эндотоксинов и факторы их воздействия на разные типы воды [8–9]. Были рассмотрены несколько методов для удаления эндотоксинов, такие как методы осаждения, фильтрации, мембранная очистка, химическая дезинфекция, а также УФ-очистка и озонирование [10–12]. Так, например, после использования мембранной фильтрации для очистки сточных вод средняя активность эндотоксинов составляла 7–77 ЕЭ/мл, тогда как до очистки активность эндотоксинов варьировалась от 296 до 5 050 ЕЭ/мл, что наглядно доказывает эффективность очищения мембранной фильтрацией [11]. Однако не все методы дают столь хорошие результаты. Например, после УФ-облучения и озонирования авторы наблюдали незначительное снижение содержания эндотоксинов в водах [13].

В литературе встречается работа, где авторы сообщают, что хлорирование снижает уровень эндотоксина в сточной воде, например, хлорирование в двух точках очистных сооружений в Южной Африке способствовало снижению уровня эндотоксина на 10.2% и снижению эндотоксинов на 68.3 и 69.2% после окончательной обработки хлорированием [14]. Тогда как в нашей работе снижение содержания эндотоксинов в сточной воде после обработки анолитом составило 99%, что указывает на высокую эффективность использования анолита в качестве дезинфектанта.

Уровень pH сточной воды является показателем ее кислотности или щелочности. С помощью данного показателя можно контролировать биологическую доступность и токсичность питательных веществ, микробную активность, скорость химических реакций.

Вода с высоким уровнем pH является щелочной. Она становится мылкой, приобретает неприятный запах и горький вкус, раздражает кожу. При использовании в водопроводных трубах провоцирует образование налета, что снижает эффективность обеззараживания воды.

Вода с низким pH является кислой. Она разъедает или растворяет металлы и многие другие вещества, разрушает биологические ткани. В кислой водной среде микроорганизмы быстро погибают.

Кроме того, значение pH напрямую зависит от температуры. Так, с повышением температуры уровень pH снижается, а с понижением – увеличивается. В результате нашей работы были получены следующие значения pH сточной воды при различных температурах до и после обработки анолитом: 7.57 (20 °C), 7.55 (40 °C), 7.53 (50 °C), 7.50 (60 °C) и 7.53 (20 °C), 7.47 (40 °C), 7.43 (50 °C), 7.30 (60 °C) соответственно. По полученным значениям была построена диаграмма, на которой явно прослеживается понижение значений pH с увеличением температуры. Это связано с различной диссоциацией ионов водорода (H^+) [15–16].

При более низких показателях pH вода приобретает высокую коррозионную активность, а при более высоких показателях она приобретает неприятный запах и может приводить к раздражению кожи и глаз. В результате чего создается опасность гибели полезных микроорганизмов биологической пленки, а после сброса таких стоков в водоем возникает

угроза гибели в нем флоры и фауны. Из вышесказанного следует, что определение данного показателя очень важно при изучении качества различных типов вод.

Следующим немаловажным показателем качества воды является УЭП. Электропроводность сточной воды обуславливается, главным образом, содержащимися в ней ионами калия, кальция, натрия, хлора, гидрокарбоната и сульфата. Ионы трехвалентного и двухвалентного железа, а также ионы алюминия, марганца, нитрата и т.п. также оказывают влияние на электрическую проводимость воды, но в существенно меньшей степени. Хотя влияние этих ионов может быть более ощутимым, если они содержатся в воде в очень больших количествах, что может быть присуще, например, хозяйственно-бытовым или производственным сточным водам. Электропроводность сточной воды зависит, главным образом, от двух основных показателей: от уровня растворенных в ней минеральных солей и от температуры воды. В результате нашей работы были получены показания УЭП сточной воды при различных температурах до и после обеззараживания анолитом, представленные в *табл. 3*. По данным таблицы, видно, что с увеличением температуры увеличиваются значения УЭП сточной воды. Это связано со скоростью ионов, снижением их сольватированности и уменьшением показателей вязкости [17–18].

Таблица 3

Показания электропроводности до и после обеззараживания анолитом

Температура	$\sigma_{\text{до}}$, мкСм/см	$\sigma_{\text{после}}$, мкСм/см
20 °С	13.53	13.35
40 °С	14.68	14.03
50 °С	14.79	14.56
60 °С	15.35	14.84

Для повторного использования сточных вод необходимо контролировать ее ионный состав. В литературе встречается работа [19], где авторы в качестве метода очистки рекомендуют солнечную дезинфекцию (SODIS), которая основана на воздействии ультрафиолетового (УФ) излучения и солнечного тепла, и систему солнечной пастеризации (SOPAS), базирующейся на тепловом эффекте без УФ-излучения. Данные методы являются наиболее эффективными и экономически выгодными

методами очистки для собранной дождевой воды [20–24]. В ходе этой работы авторы определяли концентрацию катионов и ионов металлов (алюминий (Al), железо (Fe), цинк (Zn), медь (Cu)) с помощью атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой [25]. Полученные ими результаты представлены в *табл. 4*.

По данным *табл. 3* видно, что концентрация бария (Ba^{2+}) до и после обработки солнечной дезинфекцией дождевой воды составляет 98.05 и 89.68 мг/л соответственно. Тогда как в результате нашей работы концентрация по данному катиону до и после обработки дезинфицирующим средством «Анолитом» сточной воды составила 116.7 и 106.6 мг/л соответственно. Также в нашей работе в сточной воде был определен катион стронция (Sr^{2+}), концентрация которого до и после обработки анолитом составляла 4 130 и 3 692 мг/л соответственно. Концентрации анионов, а именно – фторида (F^-) и фосфата (PO_4^{3-}) – в сточной воде приведены на ЭФГ, представленных на *рис. 5 а, б*.

Заключение

Сточная вода – это обработанная, сильно загрязненная патогенными микробами, органическими и неорганическими веществами вода населенных пунктов и промышленных предприятий. Полностью очистить воду от них позволяют только обеззараживающие процедуры. В связи с чем наша работа была посвящена оценке качества дезинфицирующего средства «Анолит» при обеззараживании производственной сточной воды. В результате содержание эндотоксинов в производственной сточной воде после обработки анолитом уменьшилось от 150 до 1.5 ЕЭ/мл. По показателю рН значения после дезинфекции анолитом уменьшились от 7.57 до 7.53 при температуре 20 °С, и от 7.50 до 7.30 при температуре 60 °С. По показателю УЭП значения после дезинфекции анолитом увеличились от 13.53 до 15.35 мкСм/см при температуре 20 °С, и от 13.35 до 14.84 мкСм/см при температуре 60 °С. По содержанию катионов и анионов в сточной воде были обнаружены катионы стронция (Sr^{2+}) и бария (Ba^{2+}), анионы фторид (F^-) и фосфат (PO_4^{3-}), также было выявлено, что после обработки анолитом происходит уменьшение концентрации данных ионов.

Таблица 4

Концентрации ионов металлов и катионов дождевой воды до и после обработки солнечной дезинфекцией (SODIS)

Ионы	Концентрация ионов, мг/л		Ионы	Концентрация ионов, мг/л	
	До обработки	После обработки		До обработки	После обработки
Al^{3+}	0.09	0.13	K^+	0.49	0.47
Fe^{3+}	112.60	505.35	Na^+	2.06	2.09
Zn^{2+}	4.50	0.52	Ba^{2+}	98.05	89.68
Cu^{2+}	1.00	1.50	Ca^{2+}	4.83	4.83
Mg^{2+}	0.45	0.46	Pb^{2+}	0.006	0.16

Исходя из полученных результатов можно сделать вывод, что обеззараживание дезинфектантом «Анолит» дает достаточно хорошие результаты по эффективности очистки производственной сточной воды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Kummu M., Guillaume J. H. A., De Moel H., Eisner S., Flörke M., Porkka M., Siebert S., Veldkamp T. I. E., Ward P. J. The world's road to water scarcity: shortage and stress in the 20th century and pathways towards sustainability // *Scientific Reports*. 2016. No. 6(1). Pp. 38495.
2. Takashi Azuma, Tetsuya Hayashi. On-site chlorination responsible for effective disinfection of wastewater from hospital // *Science of the Total Environment*. 2021. Vol. 776. Pp. 145951.
3. Maria Cristina Collivignarelli, Alessandro Abbà, Marco Carnevale Miino, Francesca Maria Caccamo, Vincenzo Torretta, Elena Cristina Rada and Sabrina Sorlini. Disinfection of Wastewater by UV-Based Treatment for Reuse in a Circular Economy Perspective. Where Are We at? // *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2021. Vol. 18. Pp. 77.
4. Nunziatina Russo, Alessia Marzo, Cinzia Randazzo, Cinzia Caggia, Attilio Toscano, Giuseppe Luigi Cirelli. Constructed wetlands combined with disinfection systems for removal of urban wastewater contaminants // *Science of the Total Environment*. 2019. Vol. 656. Pp. 558–566.
5. John Gibson, Jennifer Drake, and Bryan Karney. UV Disinfection of Wastewater and Combined Sewer Overflows Ultraviolet Light in Human Health, Diseases and Environment // *Advances in Experimental Medicine and Biology*. 2017. Vol. 996. Pp. 267–275.
6. Antti Karkman, Thi Thuy Do, Fiona Walsh, and Marko P. J. Virta. Antibiotic-Resistance Genes in Waste Water // *Trends in Microbiology*. 2018. Vol. 26. No. 3.
7. Smit, L. A., Spaan, S., Heederik, D. Endotoxin exposure and symptoms in wastewater treatment workers // *Am. J. Ind. Med.* 2005. Vol. 48. Pp. 30–39.
8. Douwes J., Versloot P., Hollander A., Heederik D., Doekes G. Influence of various dust sampling and extraction methods on the measurement of airborne endotoxin // *Applied and Environmental Microbiology*. 1995 61:1763–1769.
9. Can Zhang, Fang Tian, Minglu Zhang, Zhiqing Zhang, Miao Bai, Guang Guo, Wenjie Zheng, Qiang Wang, Yun Shi, Lili Wang. Endotoxin contamination, a potentially important inflammation factor in water and wastewater: A review // *Science of the Total Environment*. 2019. Vol. 681. Pp. 365–378.
10. Rapala J., Lahti K., Räsänen L. A., Esala A. L., Niemelä S. I., Sivonen K. Endotoxins associated with cyanobacteria and their removal during drinking water treatment // *Water Research*. 2002. Vol. 36. Pp. 2627–2635.
11. O'Toole J., Sinclair M., Jeavons T., Leder K. Alternative water sources and endotoxin // *Water Science & Technology*. 2008. Vol. 58. Pp. 603–607.
12. Gehr R., Uribe S. P., Baptista I. F. D. S., Mazer B. Concentrations of endotoxins in waters around the island of Montreal, and treatment options // *Water Quality Research Journal*. 2008. Vol. 43. Pp. 291–303.
13. Oh B. T., Seo Y. S., Sudhakar D., Choe J. H., Lee S. M., Park Y. J., Cho M. Oxidative degradation of endotoxin by advanced oxidation process (O₃/H₂O₂ & UV/H₂O₂) // *Journal of Hazardous materials*. 2014. Vol. 279. Pp. 105–110.
14. Burger J. S., Grabow W. O. K., Kfir R. Detection of endotoxins in reclaimed and conventionally treated drinking water // *Water Res.* 1989. Vol. 23. Pp. 733–738.
15. Iman Rad, Gerald H. Pollack. Cooling of Pure Water at Room Temperature by Weak Electric Currents // *The journal of physical chemistry B*. 2018. Pp. 23–24.
16. Light T. S. Temperature dependence and measurement of resistivity of pure water // *Analytical Chemistry*. 1984. Vol. 56. Pp. 1138–1142.
17. Masaki Hayashi. Temperature – electrical conductivity relation of water for environmental monitoring and geophysical data inversion // *Environmental Monitoring and Assessment*. 2004. Vol. 9. Pp. 119–128.
18. Sorensen J. A. and Glass G. E. Ion and temperature dependence of electrical conductance for natural waters // *Analytical Chemistry*. 1987. Vol. 59. Pp. 1594–1597.
19. Amin M., Han M. Roof-harvested rainwater for potable purposes: application of solar collector disinfection (SOCO-DIS) // *Water Res.* 2009. 43(20):5225–35.
20. De Kwaadsteniet M., Dobrowsky P.H., Van Deventer A., Khan W., Cloete T.E. Domestic rainwater harvesting: microbial and chemical water quality and point-of-use treatment systems // *Water Air Soil Poll.* 2013. 224(7):1–19.
21. Department of Water Affairs and Forestry (DWAF). South African Water Quality Guidelines, 2nd Edition Vol. 1: Domestic Water Use. Pretoria: CSIR Environmental Services; 1996. URL: http://www.iwa-network.org/filemanageruploads/WQ_Compendum/Database/Selected_guidelines/041.pdf. Accessed 28 Sept. 2015.
22. World Health Organization (WHO). Guidelines for Drinking-Water Quality, 4th Edition. Geneva: World Health Organization; 2011. URL: http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/44584/1/9789241548151_eng.pdf. Accessed 18 Sept. 2015.
23. Dobrowsky P.H., Mannel D., De Kwaadsteniet M., Prozesky H., Khan W., Cloete T. E. Quality assessment and primary uses of harvested rainwater in Kleinmond, South Africa // *Water SA*. 2014. 40(3):401–6.
24. André Strauss, Penelope Heather Dobrowsky, Thando Ndlovu, Brandon Reyneke and Wesaal Khan. Comparative analysis of solar pasteurization versus solar disinfection for the treatment of harvested rainwater // *BioMedCentral Microbiology*. 2016. 16:289.
25. Saleh M.A., Ewane E., Jones J., Wilson B.L. Monitoring Wadi El Raiyan lakes of the Egyptian desert for inorganic pollutants by ion-selective electrodes, ion chromatography and inductively coupled plasma spectroscopy // *Ecotoxicol Environ Saf.* 2000. 45(3):310–6.

Поступила в редакцию 12.09.2022 г.

После доработки – 30.01.2023 г.

DOI: 10.33184/bulletin-bsu-2023.1.12

QUALITY EVALUATION OF ANOLYTE AS A DISINFECTANT OF WASTEWATER FROM THE PRODUCTION SITE**© S. D. Satybaldinova^{1*}, Zh. S. Abay², K. A. Shorayeva²,
I. A. Akhazhanova¹, Z. D. Ershebulov^{1,2}, S. O. Sadikaliyeva^{1,2}**¹*OtarBioPharm**Bldg. 2, 17 B. Momyshuly Street, 080409 Gvardeisky, Republic of Kazakhstan.*²*Research Institute for Biological Safety Problems of the Ministry of Healthcare of the Republic of Kazakhstan**15 Momyshuly Street, 080409 Gvardeisky, Republic of Kazakhstan.***Email: satybaldinovasybat@gmail.com*

The authors of the article present the study of assessing the quality of the disinfectant “Anolyte”, the chemical element composition of which exactly corresponds to the chemical element composition of the initial solution, where the main components are water and sodium chloride. The concentration of active chlorine in the anolyte is 500 mg/l. This disinfectant was used for disinfection of wastewater from the production site. For this study, the optimal concentration of anolyte was determined by the membrane filtration method. The most effective anolyte concentration for wastewater disinfection was 35 mg/l. Such parameters monitored the effectiveness of disinfection as the concentration of hydrogen ions, electrical conductivity, cations and anions' content, and endotoxins' content. During this work, pH results were obtained at various temperatures; before treatment with an anolyte, this indicator was about 7.5, while after the treatment with increasing temperature, it decreased to 7.3. According to the pH readings, the graph of the dependence of pH value on temperature was made. The values of electrical conductivity of wastewater before and after disinfection with an increase in temperature were 13.35–15.35 $\mu\text{S}/\text{cm}$. A diagram of the dependence of the electrical conductivity value on temperature was constructed showing that the electrical conductivity readings increase with increasing temperature. In addition, strontium (4130 mg/l), barium (116.7 mg/l), fluoride (1817 mg/l) and phosphate (143.6 mg/l) ions were detected in industrial wastewater by capillary electrophoresis. The concentrations of these ions after treatment with anolyte decreased and amounted to 3692, 106.6, 1797 and 139.8 mg/l, respectively. The concentration of endotoxins in wastewater before and after disinfectant treatment was 150 EU/ml and 1.5 EU/ml, respectively.

Keywords: disinfection, sterility, endotoxins, acidity index (pH), electrical conductivity (ECP), anions, cations.

Published in Russian. Do not hesitate to contact us at bulletin_bsu@mail.ru if you need translation of the article.

1. Kummu M., Guillaume J. H. A., De Moel H., Eisner S., Flörke M., Porkka M., Siebert S., Veldkamp T. I. E., Ward P. J. *Scientific Reports*. 2016. No. 6(1). Pp. 38495.
2. Takashi Azuma, Tetsuya Hayashi. On-site chlorination responsible for effective disinfection of wastewater from hospital. *Science of the Total Environment*. 2021. Vol. 776. Pp. 145951.
3. Maria Cristina Collivignarelli, Alessandro Abbà, Marco Carnevale Miino, Francesca Maria Caccamo, Vincenzo Torretta, Elena Cristina Rada and Sabrina Sorlini. Disinfection of Wastewater by UV-Based Treatment for Reuse in a Circular Economy Perspective. *Where Are We at?*. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2021. Vol. 18. Pp. 77.
4. Nunziatina Russo, Alessia Marzo, Cinzia Randazzo, Cinzia Caggia, Attilio Toscano, Giuseppe Luigi Cirelli. Constructed wetlands combined with disinfection systems for removal of urban wastewater contaminants. *Science of the Total Environment*. 2019. Vol. 656. Pp. 558–566.
5. John Gibson, Jennifer Drake, and Bryan Karney. UV Disinfection of Wastewater and Combined Sewer Overflows Ultraviolet Light in Human Health, Diseases and Environment. *Advances in Experimental Medicine and Biology*. 2017. Vol. 996. Pp. 267–275.
6. Antti Karkman, Thi Thuy Do, Fiona Walsh, and Marko P.J. Virta. Antibiotic-Resistance Genes in Waste Water. *Trends in Microbiology*. 2018. Vol. 26. No. 3.
7. Smit, L. A., Spaan, S., Heederik, D. *Am. J. Ind. Med.* 2005. Vol. 48. Pp. 30–39.
8. Douwes J., Versloot P., Hollander A., Heederik D., Doekes G. *Applied and Environmental Microbiology*. 1995 61: 1763–1769.
9. Can Zhang, Fang Tian, Minglu Zhang, Zhiqing Zhang, Miao Bai, Guang Guo, Wenjie Zheng, Qiang Wang, Yun Shi, Lili Wang. Endotoxin contamination, a potentially important inflammation factor in water and wastewater: A review. *Science of the Total Environment*. 2019. Vol. 681. Pp. 365–378.
10. Rapala J., Lahti K., Räsänen L.A., Esala A.L., Niemelä S.I., Sivonen K. *Water Research*. 2002. Vol. 36. Pp. 2627–2635.

11. O'Toole J., Sinclair M., Jeavons T., Leder K. *Water Science & Technology*. 2008. Vol. 58. Pp. 603–607.
12. Gehr R., Uribe S. P., Baptista I. F. D. S., Mazer B. *Water Quality Research Journal*. 2008. Vol. 43. Pp. 291–303.
13. Oh B. T., Seo Y. S., Sudhakar D., Choe J. H., Lee S. M., Park Y. J., Cho M. *Journal of Hazardous materials*. 2014. Vol. 279. Pp. 105–110.
14. Burger J. S., Grabow W. O. K., Kfir R. *Water Res.* 1989. Vol. 23. Pp. 733–738.
15. Iman Rad, Gerald H. Pollack. Cooling of Pure Water at Room Temperature by Weak Electric Currents. *The journal of physical chemistry B*. 2018. Pp. 23–24.
16. Light T. S. *Analytical Chemistry*. 1984. Vol. 56. Pp. 1138–1142.
17. Masaki Hayashi. Temperature – electrical conductivity relation of water for environmental monitoring and geophysical data inversion. *Environmental Monitoring and Assessment*. 2004. Vol. 9. Pp. 119–128.
18. Sorensen J. A. and Glass G. E. *Analytical Chemistry*. 1987. Vol. 59. Pp. 1594–1597.
19. Amin M., Han M. *Water Res.* 2009. 43(20): 5225–35.
20. De Kwaadsteniet M., Dobrowsky P.H., Van Deventer A., Khan W., Cloete T.E. *Water Air Soil Poll.* 2013. 224(7): 1–19.
21. Department of Water Affairs and Forestry (DWAF). *South African Water Quality Guidelines, 2nd Edition Vol. 1: Domestic Water Use*. Pretoria: CSIR Environmental Services; 1996. URL: http://www.iwa-network.org/filemanageruploads/WQ_Compendium/Database/Selected_guidelines/041.pdf. Accessed 28 Sept. 2015.
22. World Health Organization (WHO). *Guidelines for Drinking-Water Quality, 4th Edition*. Geneva: World Health Organization; 2011. URL: http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/44584/1/9789241548151_eng.pdf. Accessed 18 Sept. 2015.
23. Dobrowsky P.H., Mannel D. *Water SA*. 2014. 40(3):401–6.
24. André Strauss, Penelope Heather Dobrowsky, Thando Ndlovu, Brandon Reyneke and Wesaal Khan. Comparative analysis of solar pasteurization versus solar disinfection for the treatment of harvested rainwater. *BioMedCentral Microbiology*. 2016. 16: 289.
25. Saleh M.A., Ewane E., Jones J., Wilson B.L. *Ecotoxicol Environ Saf.* 2000. 45(3): 310–6.

Received 12.09.2022.

Revised 30.01.2023.