

ГЛАВА 5.

ПУБЛИКАЦИИ И ФРАГМЕНТЫ ПУБЛИКАЦИЙ ПЕРИОДА ШИРОКОГО ПРИМЕНЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ПЭМ И МБ В ТЕХНИЧЕСКИХ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ РАЗЛИЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

В настоящее время во всем мире опубликовано несколько сотен тысяч работ, посвященных электрохимически активированной воде и растворам. Началось процессу широкого распространения информации о необычных свойствах воды и растворов, подвергнутых униполярному электрохимическому воздействию, положили статьи в научно-популярных журналах в конце семидесятых годов. Простота и доступность процесса получения электрохимически активированных анолита и католита позволили обнаружить и описать тысячи интереснейших применений активированных жидкостей и собственно процессов электрохимической обработки жидкостей. Однако, большое количество исследований и результатов осталось невостребованным или недоступным для повторения другими людьми из-за неточностей в описании технических электрохимических систем, которые использовались для получения электрохимически активированных растворов, а также неточностей в описании режимных параметров их работы. Определенные трудности для адекватного восприятия результатов исследований создавали также ошибки в конструировании электрохимических аппаратов и устройств. Появление проточных электрохимических модульных элементов ПЭМ, впоследствии замененных на проточные электрохимические модульные элементы МБ, позволило стандартизировать условия электрохимического воздействия

и обеспечить возможность создания как лабораторных, так и промышленных технических электрохимических систем различной степени сложности, различного назначения и производительности из модульных элементов с определенными техническими параметрами и характеристиками. Сотни тысяч элементов ПЭМ (МБ) работают в различных электрохимических устройствах по всему миру. Некоторые модели превратились в стандартное изделие и включаются в номенклатуру поставок для производства или ремонта электрохимических установок. Объявляются тендеры на поставку электрохимических элементов ПЭМ и МБ. Можно с уверенностью утверждать, что элементы ПЭМ — МБ прочно вошли в номенклатуру электрохимической техники. Поэтому результаты, полученные с применением электрохимических установок различного назначения с реакторами из элементов ПЭМ — МБ являются универсальными, повторяемыми и представляют интерес для исследователей и работников практической сферы **вне зависимости от времени и места выполнения исследований**. В данной главе представлена информация в виде публикаций и отдельных фрагментов публикаций о работах, выполненных с применением основного инструмента для получения электрохимически активированных растворов и воды — элементов ПЭМ и МБ в составе различных электрохимических установок.

5.1. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОЧИСТКИ ВОДЫ В УСТАНОВКАХ ИЗУМРУД

Существует известное бытовое представление о том, что потребительские качества питьевой воды тем лучше, чем меньше она содержит растворенных химических веществ и других «посторонних» примесей. Однако

в природе существует значительное количество необходимых для организма микроэлементов, которые поступают в организм преимущественно с водой. Например, многие металлы входят в состав активных ферментных



Бахир В. М.,
Задорожний Ю. Г.,
Леонов Б. И.,
Паничева С. А.,
Прилуцкий В. И.
**Электрохимическая
активация: очистка
воды и получение
полезных растворов.** —
М.: ВНИИИМТ, 2001. —
176 с.; — ил.

групп, и потому чрезмерное опреснение воды приводит к нейро-эндокринным нарушениям. Чисто механистическое стремление удалить из питьевой воды все, что в ней содержится, по существу равносильно превращению ее в дистиллят, непригодный для постоянного питья. В ряде местностей, где население постоянно пьет ультрапресную воду, развиваются эндемические очаги патологии, связанные с водными факторами.

В то же время не существует точного рецепта «идеальной» питьевой воды. Поэтому в процессе очистки или доочистки воды должны решаться следующие задачи:

- удаление патогенной и избыточной микрофлоры;
- устранение коллоидных взвесей;
- устранение избытка химических примесей (неорганических и органических) до уровня, соответствующего гигиеническим нормативам;
- удаление из воды токсических примесей, обезвреживание их либо полной деструкцией, либо превращением в химические формы, безопасные для организма;
- сохранение в воде полезных для организма микроэлементов;
- сохранение нормальных органолептических свойств воды или улучшение ее органолептических характеристик;
- улучшение или нормализация окислительно-восстановительных свойств воды.

В природных условиях самоочищение воды осуществляется на основе процессов окисления, восстановления, катализа, сорбции, фильтрации, ионообме-

на, структурирования воды при контакте с почвами и горными породами. Установки типа ИЗУМУРД всех разновидностей — от простейших до наиболее совершенных — осуществляют практически все перечисленные процессы очистки воды в сжатом масштабе времени в экстремальных физико-химических условиях. При этом результаты обработки различных образцов воды в одной и той же установке могут существенно различаться. Однако накопленный многолетний опыт испытаний установок ИЗУМУРД позволил выявить ряд определенных закономерностей, представленных в таблицах 5.1.1–5.1.17. В таблицах учтены данные исследования установок ИЗУМУРД с различными технологическими процессами очистки воды — «Изумруд», «Кристалл», «Сапфир», «Рубин», «Аквамарин», «Топаз» — за период 1991–1999 годы. С января 2000 года до июня 2011 года, в НПО «ЭКРАН» производились установки ИЗУМУРД с усовершенствованными и новыми технологическими процессами очистки воды: «Сапфир-М», «Агат-М», «Топаз-М», «Кварц» и «Алмаз». Эти установки обладают улучшенными функциональными и эксплуатационными характеристиками в сравнении с выпускавшимися ранее.*

Ниже приведен список источников информации о результатах экспериментальных исследований установок ИЗУМУРУД. Оценка эффективности установок проводилась различными компаниями и лабораториями в различное время либо по общепринятым протоколам и методикам, которые предназначены для исследования других типов систем для очистки воды (не электрохимических), либо по специально разработанным методикам, которые не являются стандартными. В настоящее время в мире общепринятыми являются стандартные протоколы и методики испытаний на три типа систем: фильтрационные, обратноосмотические и системы для ультрафиолетовой обработки воды. Каждый тип стандартной методики был специально разработан под определенный вид систем и не может использоваться для систем другого класса. Каждый стандарт испытания водоочистительной системы включает специальные протоколы испытания, составленные с учетом физико-химических особенностей собственно процесса очистки. Поэтому, например, протоколы и методики испытания обратноосмотических установок не соответствуют соответствующим документам для установок с обычными микро-, ультрафильтрами или сорбентами. Отсутствие стандарта на методы испытания электрохимических систем

* *Примечание: начиная с 2011 года единственным авторизованным производителем электрохимических установок с реакторами из элементов ПЭМ и МБ является компания ООО «ДЕЛФИН АКВА» (www.delfin-aqua.com).*

на сегодняшний день является главным препятствием их широкого распространения в мире.

Однако, данные экспериментальных исследований, полученные по методикам, не соответствующим стандартным для данного типа систем, являются особенно ценными, поскольку характеризуют высокий уровень эффективности работы изделия.

В таблицах 5.1.1–5.1.17 номера в графах «источники информации» совпадают с номерами перечня источников информации о результатах экспериментальных исследований установок ИЗУМРУД различных моделей.

Перечень источников информации о результатах экспериментальных исследований установок типа ИЗУМРУД различных моделей

1. Результаты исследований аналитической лаборатории в/ч 44881, Ростов н/Д, 1994.
2. Результаты исследований аналитической лаборатории фирмы «Самсунг», Южная Корея, 1995 г.
3. Результаты исследований Медико-Инженерного Центра «Аквита», Москва, 1997.
4. Отчет Санкт-Петербургской Государственной Медицинской Академии им. И. И. Мечникова, кафедра коммунальной гигиены, Санкт-Петербург, 1996.
5. Результаты исследований лаборатории Aquarige engineers, New Delhi, India, 1994 (исходная вода получена из открытого водоема).
6. Протокол Quality Analysis Lab., Мальта, 1998.
7. Отчет по микробиологической оценке бытовых водоочистителей системы «Изумруд», Ижевская Государственная Медицинская Академия, кафедра микробиологии, Ижевск, 1997.
8. Акт испытаний установки для очистки воды «Изумруд-М» по обеззараживанию воды, Научно-Исследовательский Институт Профилактической Токсикологии и Дезинфекции (НИИПТиД), Москва, 1995, а также другие отчеты НИИПТ и Д.
9. Отчет аналитической службы Oaklend Calvert Consultants Ltd., Англия, 1994.
10. Результаты исследований аналитической лаборатории СЭС Северного округа, Москва, 1991 (исследование образцов воды, доставленных с о. Кипр).
11. Отчет НИИ экологии человека и окружающей среды им. А. Н. Сысина, Москва, 1994.
12. Заключение аналитической службы StatniZdravotniUstavnaronnireferencicentrumpropitnouvodu, Прага, 1994.
13. Результаты исследований аналитической лаборатории СЭС Тимирязевского района г. Москвы, 1991 (исследовались образцы воды из открытого водоема).
14. Результаты исследований аналитической службы Иорданской антисептической компании, Амман, 1993.
15. Научный отчет по результатам санитарно-гигиенического и санитарно-микробиологического исследования фильтров доочистки питьевой воды различных модификаций, Самарский военно-медицинский институт, Самара, 1999.
16. Сертификат Беркширской микробиологической службы, Великобритания, 1991.
17. Отчет об испытаниях эффективности очистки питьевой воды с помощью установок «Изумруд-С» и «Изумруд-К», Киргизский НИИ профилактики и медицинской экологии, Бишкек, 1996.
18. Санитарно-гигиеническое заключение по апробации установки для обеззараживания и очистки воды «Изумруд». Санитарно-гигиеническая лаборатория Республиканской СЭС Минздрава Республики Узбекистан, 1993.
19. Отчет об испытаниях эффективности очистки питьевой воды при помощи установки «Изумруд-М». Академия постдипломного образования, Санкт-Петербург, кафедра Медицинской Экологии, Санкт-Петербург, 1999.
20. Результаты исследований аналитической службы СЭС, г. Киров, 1999.
21. Заключение по экспериментальной оценке эколого-гигиенической безопасности и эффективности работы бытовых установок «Изумруд», предназначенных для целей доочистки водопроводной воды. Санкт-Петербургская государственная медицинская академия. Кафедра экологии и гигиены окружающей среды. Санкт-Петербург, 1995.
22. Отчет Всероссийского Научно-Исследовательского Института Медицинской Техники (ВНИИИМТ) МЗ РФ, Москва, 1999.
23. Лаборатория Центра Госсанэпиднадзора, г. Егорьевск, Московская область, 1996.
24. Отчет Всероссийского Научно-Исследовательского Института Медицинской Техники (ВНИИИМТ) МЗ РФ, Москва, 1998.
25. Отчет Санкт-Петербургской Государственной Медицинской Академии им. И.И. Мечникова, кафедра коммунальной гигиены, 1996; Гигиеническая оценка эффективности очистки питьевой воды при помощи установки «Акварин».
26. Official report on heavy metal and pesticide residues of water to prove the effectiveness of Crysstal. Lao People's Democratic Republic, Ministry of Public Health of Hygiene and Epidemiology. №836/NIHE, 1995.
27. Протокол испытаний анализатора АКВЭЛ-05 для исследования качества очистки воды на установках «Изумруд». Институт «Биосенсоры», Москва, 1993 г.

28. Отчет об испытаниях установки для доочистки питьевой воды «Изумруд К» в отношении некоторых загрязнителей. Санкт-Петербургская Меди-

цинская академия постдипломного образования. Кафедра медицинской экологии, Санкт Петербург, 1996.

Таблица 5.1.1

Результаты микробиологических исследований воды, обработанной в установках ИЗУМРУД*

Показатели	В исходной воде	В очищенной воде	Эффективность обеззараживания, %	Источники информации
Общее микробное число (ОМЧ), КОЕ/мл ПДК = 50 КОЕ/мл (СанПиН 2.1.4.559–96)	10 ²	0–10 ⁰	> 99	1, 4
	>10 ²	10 ⁰	> 99,9	2
	10 ² –10 ³	0–10 ⁰	> 99,9	3
	10 ² –10 ³	10 ⁰	> 99,9	4
	10 ³	10 ⁰	> 99,9	5,6
	10 ³ –10 ⁴	10 ⁰	> 99,9	7
Коли-индекс, КОЕ/л ПДК = 3 КОЕ/л (ГОСТ 2874–82)	10 ⁵ –10 ⁶	10 ¹	> 99,99	9
	10 ²	10 ⁰	>99	10
	10 ²	0	> 99	11
	10 ² –10 ³	0–10 ²	> 99	7
	10 ³	0	> 99,9	12
	8,6·10 ² **	2,5·10 ¹	>97	4
	1,6·10 ² **	< 3	> 98	4
	10 ⁵	10 ²	>99,9	8
Сальмонелла, ед/мл	10 ⁵ –10 ⁶	10 ³	>99,9	14
	10 ⁷	10 ⁰	> 99,9	15
	6·10 ⁷	10 ² –10 ³	> 99,99	16
	4·10 ⁶	10 ²	> 99,99	16
	10 ³	0	> 99,9	12
	4·10 ⁶	10 ²	> 99,99	16
	7·10 ⁵	10 ³	> 99	14
	10 ³ –10 ⁴	0	> 99,9	7
Энтеробакт. фекалис, ед/мл	8·10 ⁶	10 ⁰	> 99,99	16
Псевдомонада, ед/мл	10 ⁴	10 ³	>90	14
– `` –	10 ³ –10 ⁴	0	> 99,9	7
Микрококки, ед/мл	10 ³ –10 ⁴	0	> 99,9	7
Легионелла, ед/мл	10 ³ –10 ⁴	0	> 99,9	7
Б. Субтилис, ед/мл	10 ⁴	10 ³	>90	14
Антракоиды, ед/мл	10 ³ –10 ⁴	0	> 99,9	7
Бифидобактерии, ед/мл	10 ¹ –10 ¹¹	0	> 99,99	7
Лактобактерии, ед/мл	10 ¹ –10 ¹¹	0	> 99,99	7
Вирус полиомиелита, ед/мл	10 ⁷	10 ¹ –10 ²	> 99,99	17
– `` –	7·10 ⁸	10 ³	> 99,99	16
Антиген вируса гепатита А, усл. ед.	Тест (+)	Тест (–)	Качественный эффект	17
Возбудители тифа, паратифа, золотистый стафилококк, кишечная палочка (шт. 11303), ед/мл	7,5·10 ³	Нет роста	>99,9	18

Примечание:

* Данные получены при испытании установок типа ИЗУМРУД при обработке воды в соответствии с технологическими процессами «Изумруд», «Кристалл», «Санфир», «Рубин», «Топаз» и др. Исследования проводились в широком диапазоне условий на образцах обычной питьевой воды и на модельных водных растворах, обсемененных микроорганизмами. По требованиям ГОСТ и СанПиН патогенные микроорганизмы в питьевой воде должны отсутствовать полностью.

** Исследовались показатели воды из открытого водоема, минуя фазу предочистки.

Комментарий к табл. 5.1.1. Во всех пробах с учетом больших разнообразий условий испытаний, показатель ОМЧ гарантированно удовлетворяет гигиеническому нормативу при исходных значениях ОМЧ до 10000 КОЕ/мл, включительно. Гарантируемое обеззараживание воды в электрохимическом реакторе —

4 порядка (не менее). При исходных значениях ОМЧ 100000–1000000 КОЕ/л достигается обеззараживание на 3–5 порядков. Во всех пробах обработанной воды, независимо от степени обсемененности исходной воды, ОМЧ не превышает норматива по ГОСТ 2874–82 (100 КОЕ/л).

Таблица 5.1.2

Органолептические характеристики, показатели pH и окислительно-восстановительного потенциала (ОВП) воды, обработанной в установках ИЗУМРУД

Показатели	В исходной воде	В очищенной воде	Эффективность очистки, %	Источники информации
Цветность, град Норматив = 20 (ГОСТ 2874–82)	10	10	0	20
	16	< 7	> 50	2
	20	20	0	19
	25	20	20	19
	27	10	63	15
	30	15–20	33–50	19
	35	15–20	43–57	19
Мутность по стандартной шкале, мг/л Норматив 1,5 мг/л (ГОСТ 2874–82)	0,5	0,5	0	19
	0,7	0,5	29	19
	0,73	0,32	56	23
	1,0	0,5	50	19
	1,4	1,1	21	15
	1,9	0,9	53	20
	2,0	1,4	30	18
	2,0	1,2	40	19
	2,3	1,0	57	19
	6	< 4	> 33	2
Запах при 20°C, баллы Норматив = 2 (ГОСТ 2874–82)	1	0	100	17
	1–2	1–2	0	20
	2	2	0	19
	2	1	50	18
	2–3	2	до 33	15
	3	2	33	19
	3–4	2	25–50	15
	4	2	50	19
pH, ед. pH Норматив 6,0–9,0 ед. pH (ГОСТ 2874–82)	5,8–7,2	6,8–7,5	–	19
	6,8	6,8	–	20
	6,65	6,45	–	4
	6,7	7,35	–	21
	7,9	7,65	–	17
	8,0	8,1	–	18
	6,8–7,2	7,0–7,4	–	22
	8,0	8,2	–	23
Окислительно-восстановительный потенциал (ОВП), мВ, х. с. э.* (не нормирован)	240	0 ± 35	–	4
	415 ± 7	73 ± 3	–	21
	320 ± 80	0 ± 75	–	22

Примечание:

* По данным измерений платиновым электродом при хлорсеребряном электроде сравнения (х. с. э.).

Комментарии к табл. 5.1.2. По данным испытаний установок ИЗУМРУД с технологическими процессами очистки воды «Изумруд», «Кристалл», «Сапфир», «Рубин» показатели обработанной воды соответствуют нормативам:

- по показателю цветности — при цветности исходной воды до 35 градусов;
- по мутности — при показателях мутности исходной воды около 3 мг/л;

- по запаху — при запахе исходной воды 4 балла при 20°C;
- соответствие pH обработанной воды требованиям ГОСТ гарантируется полностью;
- в обработанной воде гарантируется смещение ОВП на 240–340 мВ в сторону биологически благоприятных восстановительных (меньших) значений, обеспечивающих в воде защитный противоокислительный фон.

Таблица 5.1.3

Содержание сухого остатка, показателей общей жесткости, содержание хлоридов и сульфатов в воде после обработки в установках ИЗУМРУД

Показатели	В исходной воде	В очищенной воде	Степень очистки, %	Источники информации
Сухой остаток, мг/л ПДК = 1000 (ГОСТ 2874–82)	319	313	-	17
	320	305	5	23
	476	310	35	18
	1118	698	38	2
Общая жесткость, мг·эquiv/л ПДК = 7,0 (ГОСТ 2874–82)	2,8	2,8	0	20
	3,7	3,7	0	20
	4,2	4,1	2	17
	4,3	3,9	9	21
Перманганатная окисляемость, мг/л ПДК = 5,0 (СанПиН 2.1.4.559–96)	2,8	2,4	14	20
	5,5	2,4	56	19
	5,6	4,8	14	20
	9,7	2,1	78	19
Хлориды, мг/л ПДК = 350 (ГОСТ 2874–82)	13	13	0	17
	25	25	0	20
	24	22	8	20
	57	57	0	18
	180	158	12	21
	431	356	17	2
Сульфаты, мг/л ПДК = 500 (ГОСТ 2874–82)	1,5	1,5	0	18
	28	28	0	21
	29,8	29,6	0	17
	130	98	25	21
	130	103	11	21
	131	109	17	21
	560	594	-	2

Таблица 5.1.4

**Содержание хлоридов, сульфатов, а также сухой остаток и жесткость воды после обработки
в установках ИЗУМРУД**

Показатели	В исходной воде	В очищенной воде	Степень очистки, %	Место отбора воды
Сухой остаток, мг/л ПДК = 1000 (ГОСТ 2874–82)	2808	1598	43	Ростовская обл.
	1308	784	40	Ростовская обл.
	1284	896	30	Ростов на Дону
	590	257	56	г. Ижевск
	510	352	31	Санкт-Петербург
	480	320	37	г. Ташкент
	330	215	35	г. Владимир
	250	230	8	г. Москва
	140	135	4	остров Кипр
Общая жесткость, мг·эquiv/л ПДК = 7,0 (ГОСТ 2874–82)	25,0	12,8	49	Ростовская обл.
	17,1	9,8	43	Ростовская обл.
	17,1	8,5	50	Ростов на Дону
	6,0	3,1	48	г. Ижевск
	4,4	3,8	14	Санкт-Петербург
	2,6	2,35	10	г. Ташкент
	1,9	1,9	0	г. Владимир
	4,1	3,4	17	г. Москва
	2,5	2,3	8	остров Кипр
Хлориды, мг/л ПДК = 350 (ГОСТ 2874–82)	655	164	75	Ростовская обл.
	438	270	38	Ростовская обл.
	143	71	50	Ростов на Дону
	224	102	54	г. Ижевск
	185	172	7	Санкт-Петербург
	57	56	2	г. Ташкент
	13	12	8	г. Владимир
	184	164	11	г. Москва
	49	47	4	остров Кипр
Сульфаты, мг/л ПДК = 500 (ГОСТ 2874–82)	1,05	0,98	7	Ростовская обл.
	146	148	-	Ростовская обл.
	617	329	47	Ростов на Дону
	545	236	40	г. Ижевск
	130	123	5	Санкт-Петербург
	1,6	1,5	6	г. Ташкент
	42	40	5	г. Владимир
	137	115	16	г. Москва
	89	86	3	остров Кипр
Показатели сухого остатка в исходной воде, мг/л		Средние значения снижения показателя сухого остатка в обработанной воде, %		
< 300		4,5 ± 1,4		
300–600		43 ± 4,9		
1200–2000		38 ± 2,8		

Комментарий к таблицам 5.1.3 и 5.1.4. Обработка воды в установках ИЗУМРУД указанных типов приводит к снижению показателя сухого остатка приблизительно на 40 % при исходных показателях свыше 300 мг/л. Показатели общей жесткости уменьшаются приблизительно на 50 % при исходных значениях 6,0–25,0 мг·эquiv/л. Зна-

чения перманганатной окисляемости обработанных образцов воды снижались на 56–78 % при исходных показателях, превышающих требования ГОСТ. Показатели общей жесткости и перманганатной окисляемости воды, удовлетворяющие требованиям ГОСТ, после обработки в установках существенно не меняются.

Таблица 5.1.5

**Эффективность удаления из воды ионов остаточного алюминия после обработки
в установках ИЗУМРУД**

Показатели	В исход- ной воде	В очищенной воде	Степень очистки, %	Источник информации
Остаточный алюминий, мг/л Определение по ГОСТ 18165–81, а также: методами плазменной фотометрии, атомно-абсорбционной спектрометрии ПДК = 0,5 (ГОСТ 2874–82, СанПиН 2.1.4.559–96)	0,16	0,05	69	17
	0,16	0,09	44	17
	0,41	0,06	85	21
	0,41	0,07	83	21
	0,95	0,31	67	17
	0,95	0,40	58	17
	1,1	0,24	88	18
	2,0	0,135	93	16
	2,0	0,82	59	9
	2,15	0,32	85	4
	2,35	0,4	83	25
	6,25	0,15	98	21
	6,25	0,26	96	21
	6,30	0,19	97	21
	6,30	0,23	96	21
Диапазон исходных значений показателя, мг/л	Средние значения снижения показателя после обработки в установке, %			
< 0,5	70 ± 9,4			
0,95	62,5 ± 4,5			
0,9–2	73,0 ± 7,3			
2,15–2,35	83–85			
> 6	97 ± 0,5			

Таблица 5.1.6

Эффективность удаления из воды ионов хрома после обработки в установках ИЗУМРУД

Показатели	В исходной воде	В очищенной воде	Степень очис- тки, %	Источник информации
Ионы хрома, мг/л Определение по ИСО 9174–90 (атомно-абсорбционная спектрометрия) ПДК = 0,05 (СанПиН 2.1.4.559–96)	0,03	0,01	77	21
	0,067	0,025	63	4
	0,078	0,025	68	25
	0,44	0,03	93	19
	0,52	0,03	94	19
	0,55	0,03	95	21
	0,60	0,02	97	21
	0,61	0,03	95	21
	0,66	0,03	95	19
	10,0	0,001	> 99	16
Диапазон исходных значений показателя, мг/л	Значения снижения показателя после обработки в установке, %			
0,03–0,078	63–77			
0,44–0,66	93–97			
10,0	> 99			

Таблица 5.1.7

Эффективность удаления из воды ионов железа после обработки в установках ИЗУМРУД

Показатели	В исходной воде	В очищенной воде	Степень очистки, %	Источник информации
Ионы железа, мг/л Определение по ГОСТ 4011–72 или по ИСО 6332 — атомно-абсорбционная спектрометрия ПДК = 0,3 (ГОСТ 2874–82, СанПиН 2.1.4.559–96)	0,5	0,15	70	23
	0,52	0,13	75	19
	0,42	0,08	81	19
	2,84	0,22	92	19
	3,05	0,17	94	19
	0,36	0,08	78	19
	2,54	0,18	93	19
	0,44	0,08	82	19
	3,05	0,18	94	19
	0,47	0,09	81	21
	5,38	0,11	98	21
	5,44	0,19	97	21
	0,49	0,07	86	21
	0,08	0,06	25	20
	0,04	0,03	25	20
	3,0	0,21	93	18
	0,1	0,03	70	15
	2,0	0,5	75	15
	2,0	0,1	95	16
	0,5	0,2	60	24
	0,28	0,23	18	24
Диапазон исходных значений показателя, мг/л		Средние значения снижения показателя после обработки в установке, %		
<0,3		35 ± 12		
0,3–1,0		78 ± 3		
1,0–2,0		85 ± 6		
2,0–5,5		95 ± 1		

Таблица 5.1.8

Эффективность удаления из воды ионов меди после обработки в установках ИЗУМРУД

Показатели	В исходной воде	В очищенной воде	Степень очистки, %	Источник информации
Ионы меди, мг/л Определение по ИСО 8288 ПДК = 1,0 (ГОСТ 2874–82, СанПиН 2.1.4. 559–96)	0,06	0,01	83	19
	0,06	0,01	83	19
	0,08	0,01	87	19
	0,315	0,225	29	17
	0,55	0,26	53	15
	0,55	0,30	45	15
	2,17	0,52	76	19
	2,51	0,35	86	19
	3,14	0,38	88	21
	3,14	0,75	76	21
	3,24	0,32	90	21
	3,24	0,71	78	21
	5,05	0,38	92	18
	19,5	4,1	79	9
	30,0	0,13	> 99	16
Диапазон исходных значений показателя, мг/л		Значения снижения показателя после обработки в установке, %		
0,06–0,55		29–87		
2,17–5,05		76–92		
19,5–30,0		79 — (> 99)		

Таблица 5.1.9

Эффективность удаления из воды ионов цинка после обработки в установках ИЗУМРУД

Показатели	В исходной воде	В очищенной воде	Степень очистки, %	Источник информации
Ионы цинка, мг/л	3,1	0,94	70	4
Определение: плазменная спектрометрия, атомно-абсорбционная спектроскопия	25,0	0,70	97	18
ПДК = 5,0 (ГОСТ 2874–82, СанПиН 2.1.4. 559–96)	50,0	0,2	>99	16

Таблица 5.1.10

Эффективность удаления из воды мышьяка и селена после обработки в установках ИЗУМРУД

Показатели	В исходной воде	В очищенной воде	Степень очистки, %	Источник информации
Мышьяк, мг/л	0,01	0,0082	18	17
Определение по ИСО 11969	0,15	0,002	99	21
ПДК = 0,05 (ГОСТ 2874–82, СанПиН 2.1.4. 559–96)	0,15	0,005	97	21
	0,18	0,03	83	21
	0,18	0,04	78	21
Селен, мг/л	0,08	0,003	96	21
Определение по ИСО 9965	0,08	0,004	95	21
ПДК ₁ = 0,001 (ГОСТ 2874–82);	0,09	0,002	98	21
ПДК ₂ = 0,01 (СанПиН 2.1.4.559–96)	0,09	0,003	97	21

Таблица 5.1.11

Эффективность удаления из воды кадмия, бария, никеля после обработки в установках ИЗУМРУД

Показатели	В исходной воде	В очищенной воде	Степень очистки, %	Источник информации
Кадмий, мг/л*	0,004	0,0012	70	4
ПДК = 0,001 (СанПиН 2.1.4.559–96)	0,0055	0,001	82	25
Барий, мг/л*	0,48	0,095	80	4
ПДК = 0,1 (СанПиН 2.1.4.559–96)				
Никель, мг/л*	0,45	0,003	> 99	4
ПДК = 0,1 (СанПиН 2.1.4.559–96)				

Примечание:

* определение методом атомно-абсорбционной спектроскопии.

Таблица 5.1.12

Эффективность удаления из воды ртути после обработки в установках ИЗУМРУД

Показатели	В исходной воде	В очищенной воде	Степень очистки, %	Источник информации
Ртуть, мг/л	0,011	0,003	73	21
Определение по ИСО 5666	0,013	0,002	85	21
ПДК = 0,00005 (СанПиН 2.1.4.559–96)	0,013	0,003	77	21
	0,5	0,002	> 99	16

Таблица 5.1.13

Эффективность удаления из воды свинца после обработки в установках ИЗУМУРУД

Показатели	В исходной воде	В очищенной воде	Степень очистки, %	Источник информации
Свинец, мг/л Определение по ИСО 8288 ПДК = 0,03 мг/л (СанПиН 2.1.4.559–96, ГОСТ 2874–82)	0,0005	0,00002	96	26
	0,01	0,00	≈ 100	19
	0,01	0,00	≈ 100	19
	0,01	0,00	≈ 100	19
	0,01	0,00	≈ 100	21
	0,01	0,00	≈ 100	21
	0,02	0,00	≈ 100	19
	0,072	0,025	65	4
	0,11	0,024	78	18
	0,32	0,01	97	21
	0,32	0,01	97	21
	0,33	0,02	94	21
	0,33	0,02	94	21
	0,45	0,02	96	19
	0,50	0,02	96	16
	0,55	0,01	98	19
	0,58	0,02	97	19

Таблица 5.1.14

Эффективность удаления из воды фенола после обработки в установках ИЗУМУРУД

Показатели	В исходной воде	В очищенной воде	Степень очистки, %	Источник информации
Фенол, мг/л Определение по ИСО 6439–90 ПДК = 0,001 (СанПиН 2.1.4.559–96)	0,0007	0,0001	86	21
	0,0058	0,00087	85	4
	0,01	0,003	70	16
	0,01	0,004–0,007	60–30	21
	0,02	0,01	50	2
	0,15	0,01	93	19
	0,21	0,01	95	19
	0,24	0,01	96	19
	0,26	0,01	96	19
	1,0	0,1–0,2*	80–90	27
	1,0	0,3–0,4**	60–70	27

Примечания:

* — при испытании модельного раствора на установке «Изумруд-М».

** — при испытании модельного раствора на установке «Изумруд-К».

Таблица 5.1.15.

Эффективность удаления из воды минеральных азотсодержащих веществ после обработки в установках ИЗУМУРУД

Показатели	В исходной воде	В очищенной воде	Степень очистки, %	Источник информации
Ионы аммония, мг/л Определение по ГОСТ 4192–82 ПДК = 0,5–2,0 (стандарты фирмы Sumsung и др. источники)	0,44	0,44	0	20
	1,9	1,7	11	2
	4,0	0,51	87	15
	4,0	0,75	81	15
Нитраты, мг/л Определение по ИСО 7890–3 ПДК = 45 (ГОСТ 2874–82) ПДК = 10 (USEPA)	1,15	1,15	0	18
	4,0	1,0	75	15
	4,0	1,05	74	15
	21	12,0	43	21
	21	17,0	19	21
	23,4	23,4	0	17
	25,4	23,0	9	12
	29,9	26,6	11	2
Нитриты, мг/л Определение по ИСО 6777 ПДК ₁ = 3 (СанПиН 2.1.4.559–96) ПДК = 1 (USEPA)	34,0	33,0	3	9
	0,01	0,002	80	20
	0,018	<0,008	> 56	9
	1,0	0,01	99	21
	1,0	0,01	99	21

Таблица 5.1.16

Эффективность удаления из воды бензола, хлороформа, трихлорэтилена, тетрахлорэтилена после обработки в установках ИЗУМУРД

Показатели	В исходной воде	В очищенной воде	Степень очистки, %	Источник информации
Бензол, мг/л Определение: жидкостная хроматография ПДК = 0,01 (СанПиН 2.1.4.559–96)	1,95	0,5	74	4
Хлороформ, мг/л Определение: газовая хроматография ПДК = 0,2 (СанПиН 2.1.4.559–96)	0,105 0,17	0,029 0,06	72 65	28 4
Трихлорэтилен, мг/л Определение: газовая хроматография ПДК = 0,005 (USEPA)	0,09	0,02	78	2
Тетрахлорэтилен, мг/л Определение: газовая хроматография ПДК = 0,005 (USEPA)	0,0003 0,0003 0,03 0,085	0,0001 0,0001 0 0,001	67 67 100 98	21 21 2 16

Таблица 5.1.17

Эффективность удаления из воды органических загрязнителей (поверхностно-активных веществ, инсектицидов, пестицидов, тригалометанов) после обработки в установках ИЗУМУРД

Показатели	В исходной воде	В очищенной воде	Степень очистки, %	Источник информации
ПАВ, мг/л Определение по ИСО 7875/2–90 ПДК = 0,5 (СанПиН 2.1.4.559–96)	3,64	0,21	94	19
Четыреххлористый углерод, мг/л Определение: газовая хроматография ПДК = 0,006 (СанПиН 2.1.4.559–96)	18,6	5,6	70	28
2,4 — дибромметан, мг/л Определение: газовая хроматография ПДК — нет данных	81,3	24,6	70	28
ДДТ, мг/л Определение: газовая хроматография	9,21	1,07	88	28
ДДТ-РР, ДДТ-ОР, ДДЕ-РР, мг/л, соответственно Определение: газовая хроматография ПДК-ДДТ по сумме фракций 0,002 (СанПиН 2.1.4.559–96)	0,000353 0,000277 0,000159	0,000011 0,000045 0,000008	97 84 95	26 26 26
Дихлофос, мг/л Определение: газовая хроматография ПДК = 1,0 (СанПиН 2.1.4.559–96)	0,001060	0,000010	91	26
Карбарил, мг/л, ПДК = 0,7** Диазинон, мг/л, ПДК = 0,003** Тригалометаны общие, мг/л, ПДК = 0,1* Определение: газовая хроматография	0,22 0,07 0,03	0,01 0 0	95 100 100	2 2 2

* максимально допустимый уровень по стандартам USEPA — National Primary Drinking Water Regulations;

** уровень соответствия разрешенной степени загрязнения питьевой воды по стандартам USEPA (DWEL — drinking water equivalent level)