

УДК 57.08; 504.06

к.фарм.н. Федорова В. С.,
к.б.н. Швыдченко С.С.,
Дубовик И. А.,
Олейник Т.С.

(ДонГТИ, г. Алчевск, ЛНР, fvs.valeri@gmail.com)

ИНТЕГРАЛЬНАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА СТОЧНЫХ ВОД АЛЧЕВСКОГО МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО КОМБИНАТА И ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД ВОДОЕМОВ г. АЛЧЕВСКА МЕТОДОМ БИОТЕСТИРОВАНИЯ

Проведена методом биотестирования на дафниях и цериодафниях интегральная оценка качества сточных вод различных цехов Алчевского металлургического комбината и поверхностных вод водоемов г. Алчевска.

Ключевые слова: Алчевский металлургический комбинат (АМК), биотестирование, интегральная оценка, острая летальная токсичность, поверхностные воды, сточные воды.

Постановка проблемы, обоснование ее актуальности. Сточные воды металлургических заводов образуются во всех основных цехах. При сбросе загрязненных сточных вод металлургических комбинатов в водоеме резко увеличивается содержание взвешенных веществ, значительная часть которых осаждается вблизи места выпуска. Отложения осадка в водоеме могут достигать нескольких десятков сантиметров и служить источником вторичного загрязнения. Параллельно с этим отмечаются уменьшение прозрачности и появление специфической бурой окраски воды. В водоеме, куда сбрасываются стоки металлургических заводов, могут наблюдаться также повышение температуры воды, некоторое увеличение окисляемости и биологической потребности кислорода, ухудшение кислородного режима. В отдельных случаях отмечается наличие маслянистой пленки на поверхности воды и появление токсичных веществ. Поступление токсичных веществ наряду с наличием высоких концентраций мелкодисперсной взвеси может привести к гибели водных организмов и нарушению естественных процессов самоочищения.

Особо неблагоприятные условия могут создаваться при сбросе сточных вод металлургических заводов в водохранилище. На-

блюдаемые в таких зарегулированных водоемах слабое перемешивание и замедленное течение приводят к резкому ухудшению санитарно-гигиенического состояния водного объекта. Поступление в поверхностные водоемы, особенно маломощные, больших количеств загрязненных сточных вод металлургических заводов может заметно ухудшить санитарный режим на значительном протяжении, затрагивая интересы многих водопользователей.

Этим определяется важность проведения технологических мероприятий с целью исключения отрицательного влияния сброса сточных вод металлургических заводов на санитарные условия водопользования и здоровье населения.

Постановка задачи. На основании изложенного выше в данной работе поставлена задача провести отбор проб из водоемов, в которые сбрасываются сточные воды; биотестирование проб воды для определения острой летальной токсичности; проведение интегральной оценки качества сточных вод; экологическая оценка поверхностных вод водоемов г. Алчевска методами биотестирования.

Методы исследований. Отбор проб производился согласно ГОСТ 17.1.5.05–85 «Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к отбору проб поверхностных

и морских вод, льда и атмосферных осадков» [1]. Биотестирование проб воды выполнено согласно ПНД Ф Т 14.1:2:3:4.3–99 «Токсикологические методы контроля: Методика определения токсичности воды по смертности и изменению плодовитости дафний», а также ПНД Ф Т 14.1:2:3:4.4–99 «Токсикологические методы контроля: Методика определения токсичности воды по смертности и изменению плодовитости цериодафний» [2, 3]. В качестве контроля использовали тест-организмы, выращенные на искусственно приготовленной («реконструированной») воде согласно ISO 6341:2012 [4], либо на воде, в которой содержалась исходная для опыта культура. Суммарное (комплексное, или интегральное) острое токсическое действие исследуемой воды на дафний определяется по их смертности (летальности) за определенный период экспозиции. Критерием острой токсичности служит гибель 50 % и более дафний за 96 часов в исследуемой воде при условии, что в контрольном эксперименте гибель не превышает 10 %.

Статический анализ данных проводили методом вариационной статистики [5].

Изложение материала и его результаты. Пробы воды отбирались с периодичностью один раз в квартал: март, май, сентябрь и декабрь. Острую летальную токсичность сточных вод определяли для девяти выпусков. Для контроля загрязнения окружающей среды биотестированию подвергали пробы воды, отобранные из водоемов, в которые сбрасываются сточные воды АМК: цеха переработки шлака (гранустановка); шламонакопителя листоотделочных прокатных станков; объединенного золо- и шламонакопителя; шламоотвала; оборотного цикла кислородного цеха; очистных сооружений локомотивного депо ЖДЦ-2; очистных сооружений коллектора «Дунай»; ливневого коллектора центральной части АМК; оборотного цикла прокатных станков; р. Лозовая (ниже на 500 м объединенного стока); р. Лозовая (ниже на 500 м объединенного стока) КЦ и шламо-

накопителя цеха листоотделочных прокатных станков; перелив с Нижнего Орловского водохранилища в р. Белая.

В качестве фонового контроля использовали пробы воды, отобранные выше места сброса сточных вод АМК в водоемы: р. Лозовая (выше на 500 м объединенного стока); р. Лозовая (выше на 500 м объединенного стока) КЦ и шламонакопителя цеха листоотделочных прокатных станков); балка Должник (выше на 500 м сброса АМК).

Всего ежеквартально исследовались на острую летальную токсичность пробы воды, отобранные в 15-ти точках. Исследования проводились с 2011 по 2014 гг., в том числе: в 2011 и 2012 гг. на тест-организме *Daphnia magna*; в 2013 и 2014 гг. — на тест-организме *Ceriodaphnia affinis*.

Приведенные в таблицах 1–4 данные результатов биотестирования показывают, что для большинства источников промышленных стоков наибольшая смертность тест-организмов приходится на 1-ый квартал (март). Во 2-ом квартале (май) наблюдается значительное (в 1,5–2,5 раза) снижение смертности тест-организмов для большинства источников промышленных стоков АМК. В 3-ем квартале (сентябрь) по ряду стоков наблюдается дальнейшее снижение смертности тест-организмов, в то время как другие стоки вызывают больший процент гибели тест-организмов. В 4-ом квартале (декабрь) для ряда источников промышленных стоков характерно повышение смертности тест-организмов, в некоторых случаях смертность их снижалась, а в некоторых оставалась на уровне третьего квартала [6–9].

Такая динамика реагирования тест-организмов на сточные воды, при проведенном объеме исследований, не позволяет установить какую-либо сезонную закономерность смертности дафний при биотестировании промышленных стоков АМК. В связи с этим можно отметить только повышенную смертность тест-организмов в марте и ноябре, что может

РЕГИОНАЛЬНАЯ ЭКОЛОГИЯ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

быть вызвано спецификой работы комбината в этот период, гидрохимией сточных вод, низкой температурой или сезонной чувствительностью самих ракообразных. В целом же большинство источников промышленных стоков не оказывают острого

токсического воздействия на тест-организмы. Исключением является цех переработки шлака (гранустановка), сточные воды которого оказывают сверхвысокотоксичное или высокотоксичное влияние на тестируемые организмы (табл. 1–8).

Таблица 1

Результаты биотестирования сточных вод за 2011 г.

| Точка отбора проб | Кол-во погибших дафний за 96 ч биотестирования, % от контроля | | | | |
|---|---|---------|---------------|---------------|----------------|
| | 1-й кв. | 2-й кв. | 3-й кв. | 4-й кв. | Ср. год. знач. |
| Цех переработки шлака | 100 % | 100 % | 100 % | 100 % | 100 % |
| Шламонакопитель листоотделочных прокатных станов | Не определяли | 36,7 % | Не определяли | Не определяли | 41,7 % |
| Объединенный золо- и шламонакопитель | 26,7% | 16,7 % | 10,0 % | 23,3 % | 5,5 % |
| Шламоотвал | 16,7 % | 20,0 % | 20,0 % | 23,3 % | 20,0 % |
| Оборотный цикл кислородно-компрессорного цеха | 20,0 % | 10,0 % | 23,3 % | 13,3 % | 16,7 % |
| Очистные сооружения локомотивного депо ЖДЦ-2 | 20,0 % | 10,0 % | 3,3 % | 10,0 % | 10,8 % |
| Очистные сооружения коллектора «Дунай» | 6,7 % | 3,3 % | 10,0 % | 6,7 % | 6,7 % |
| Ливневый коллектор центральной части АМК | 6,4 % | 4,3 % | 9,0 % | 6,3% | 5,7 % |
| Оборотный цикл прокатных станов | 20,0 % | 6,7 % | 20,0 % | 13,3 % | 15 % |
| р. Лозовая (выше на 500 м стока) | 0 % | 0 % | 0 % | 0 % | 0 % |
| р. Лозовая (ниже на 500 м стока) | 3,3 % | 3,3 % | 6,7 % | 6,7 % | 5 % |
| Перелив с Нижнего Орловского водохранилища в р. Белая | 10,0 % | 3,3 % | 6,7 % | 3,3 % | 23,3 % |
| Балка Должник (выше на 500 м сброса АМК) | 0 % | 3,3 % | 6,7 % | 0 % | 2,5 % |
| р. Лозовая (выше объединенного стока КЦ и шламонакопителя листоотделки) | 0 % | 0 % | 3,3 % | 0 % | 0,8 % |
| р. Лозовая (ниже объединенного стока КЦ и шламонакопителя листоотделки) | 3,3 % | 0 % | 0 % | 0 % | 0,8 % |

Таблица 2

Результаты биотестирования сточных вод за 2012 г.

| Точка отбора проб | Кол-во погибших дафний за 96 ч биотестирования, % от контроля | | | | |
|--|---|---------------|---------|---------------|----------------|
| | 1-й кв. | 2-й кв. | 3-й кв. | 4-й кв. | Ср. год. знач. |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Цех переработки шлака | Не определяли | Не определяли | 100 % | 100% | 50% |
| Шламонакопитель листоотделочных прокатных станов | 25 % | 18 % | 0 % | Не определяли | 14,3 % |

РЕГИОНАЛЬНАЯ ЭКОЛОГИЯ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

Продолжение таблицы 2

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|--------|--------|---------------|---------------|---------|
| Объединенный золо- и шламонакопитель | 0 % | 0 % | 0 % | Не определяли | 0 % |
| Шламоотвал | 0 % | 25,0 % | 95 % | Не определяли | 40 % |
| Оборотный цикл кислородно-компрессорного цеха | 28,0 % | 20,0 % | 29 % | 15 % | 23 % |
| Очистные сооружения локомотивного депо ЖДЦ-2 | 0 % | 0 % | 92 % | Не определяли | 30,6 % |
| Очистные сооружения коллектора «Дунай» | 0 % | 0 % | 90 % | 0 % | 22,5 % |
| Ливневый коллектор центральной части АМК | 0 % | 0 % | 89 % | 0 % | 22,25 % |
| Оборотный цикл прокатных станов | 3 % | 10 % | 6 % | Не определяли | 6,3 % |
| р. Лозовая (выше на 500 м объединенного стока) | 0 % | 0 % | 24 % | Не определяли | 8 % |
| р. Лозовая (ниже на 500 м стока) | 5,0 % | 3,5 % | 6 % | 3 % | 4,4 % |
| Балка Должик (выше на 500 м сброса АМК) | 0 % | 0 % | 0 % | Не определяли | 0 % |
| р. Лозовая (выше объединенного стока КЦ и шламонакопителя листоотделки) | 15 % | 18 % | Не определяли | Не определяли | 16,5 % |
| р. Лозовая (ниже объединенного стока КЦ и шламонакопителя листоотделки) | 0 % | 0 % | Не определяли | Не определяли | 0% |

Таблица 3

Результаты биотестирования сточных вод за 2013 г.

| Точка отбора проб | Кол-во погибших цериодафний за 96 ч тестирования, % | | | | |
|--|---|---------|---------|---------|----------------|
| | 1-й кв. | 2-й кв. | 3-й кв. | 4-й кв. | Ср. год. знач. |
| Цех переработки шлака | 100% | 100% | 100 % | 100% | 100 % |
| Шламонакопитель листоотделочных прокатных станов | 25 % | 18 % | 0 % | 16 % | 14,3 % |
| Объединенный золо- и шламонакопитель | 0 % | 0 % | 0 % | 0 % | 0 % |
| Шламоотвал | 28,0 % | 20,0 % | 29 % | 15 % | 23 % |
| Оборотный цикл кислородно-компрессорного цеха | 0 % | 0 % | 92 % | 31 % | 30,6 % |
| Очистные сооружения локомотивного депо ЖДЦ-2 | 0 % | 0 % | 90 % | 0% | 22,5 % |
| Очистные сооружения коллектора «Дунай» | 0 % | 0 % | 89 % | 0 % | 22,25 % |
| Ливневый коллектор центральной части АМК | 3 % | 10 % | 6 % | 6 % | 6,3 % |
| Оборотный цикл прокатных станов | 0 % | 0 % | 24 % | 6 % | 8 % |
| р. Лозовая (выше на 500 м объединенного стока) | 5,0 % | 3,5 % | 6 % | 3 % | 4,4 % |
| р. Лозовая (ниже на 500 м объединенного стока) | 0 % | 0 % | 0 % | 0 % | 0 % |

РЕГИОНАЛЬНАЯ ЭКОЛОГИЯ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

Таблица 4

Результаты биотестирования сточных вод за 2014 г.

| Точка отбора проб | Кол-во погибших цериодафний за 96 ч тестирования, % | | | | |
|--|---|---------------|---------------|---------------|----------------|
| | 1-й кв. | 2-й кв. | 3-й кв. | 4-й кв. | Ср. год. знач. |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Цех переработки шлака | 100 % | 100 % | Не определяли | Не определяли | 50 % |
| Шламонакопитель листоотделочных прокатных станов | 27 % | Не определяли | Не определяли | Не определяли | 6,75 % |
| Объединенный золо- и шламонакопитель | 10 % | 17 % | 10 % | 13 % | 12,5 % |
| Шламоотвал | 80 % | 47 % | 43 % | 40 % | 52,5 % |
| Оборотный цикл кислородно-компрессорного цеха | 20 % | 17 % | 13 % | Не определяли | 12,5 % |
| Очистные сооружения локомотивного депо ЖДЦ-2 | 40 % | 43 % | 37 % | 33 % | 38,25 % |
| Очистные сооружения коллектора «Дунай» | 30 % | 37 % | 33 % | 27 % | 31,75 % |
| Ливневый коллектор центральной части АМК | 60 % | 63 % | 67 % | 57 % | 61,75 % |
| Оборотный цикл прокатных станов | 7 % | 57 % | 57 % | 53 % | 53 % |
| р. Лозовая выше на 500 м стока | 7 % | 13 % | 7 % | 10 % | 9,25 % |
| р. Лозовая ниже на 500 м стока | 17 % | 13 % | 13 % | 10 % | 13,25 % |

Таблица 5

Характеристика сточных вод на острую летальную токсичность за 2011 г.

| Точка отбора проб | Характеристика сточных вод на острую летальную токсичность | | | |
|---|--|-----------------------|-----------------|-----------------|
| | 1-й кв. | 2-й кв. | 3-й кв. | 4-й кв. |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Цех переработки шлака | Сверхвысоко токсичная | Сверхвысоко токсичная | Высокотоксичная | Высокотоксичная |
| Шламонакопитель листоотделочных прокатных станов | Не было сброса | Не токсичная | Не было сброса | Не было сброса |
| Объединенный золо- и шламонакопитель | Не токсичная | Не токсичная | Не токсичная | Не токсичная |
| Шламоотвал | Не токсичная | Не токсичная | Не токсичная | Не токсичная |
| Оборотный цикл кислородно-компрессорного цеха | Не токсичная | Не токсичная | Не токсичная | Не токсичная |
| Очистные сооружения локомотивного депо ЖДЦ-2 | Не токсичная | Не токсичная | Не токсичная | Не токсичная |
| Очистные сооружения коллектора «Дунай» | Не токсичная | Не токсичная | Не токсичная | Не токсичная |
| Ливневый коллектор центральной части АМК | Не токсичная | Не токсичная | Не токсичная | Не токсичная |
| Оборотный цикл прокатных станов | Не токсичная | Не токсичная | Не токсичная | Не токсичная |
| р. Лозовая выше на 500 м стока | Не токсичная | Не токсичная | Не токсичная | Не токсичная |
| р. Лозовая ниже на 500 м стока | Не токсичная | Не токсичная | Не токсичная | Не токсичная |
| Перелив с Нижне-Орловского водохранилища в р. Белая | Не токсичная | Не токсичная | Не токсичная | Не токсичная |

РЕГИОНАЛЬНАЯ ЭКОЛОГИЯ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

Продолжение таблицы 5

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Балка Должник (выше на 500 м сброса АМК) | Не токсичная | Не токсичная | Не токсичная | Не токсичная |
| р. Лозовая (выше стока КЦ и шламонакопитель листоотделки) | Не токсичная | Не токсичная | Не токсичная | Не токсичная |
| р. Лозовая (ниже стока КЦ и шламонакопителя листоотделки) | Не токсичная | Не токсичная | Не токсичная | Не токсичная |

Таблица 6

Характеристика сточных вод на острую летальную токсичность за 2012 г.

| Точка отбора проб | Характеристика сточных вод на острую летальную токсичность | | | |
|---|--|--------------|-----------------------|-----------------------|
| | 1-й кв. | 2-й кв. | 3-й кв. | 4-й кв. |
| Цех переработки шлака | Не токсичная | Не токсичная | Сверхвысоко токсичная | Сверхвысоко токсичная |
| Шламонакопитель листоотделочных прокатных станов | Не токсичная | Не токсичная | Не токсичная | Не токсичная |
| Объединенный золо- и шламонакопитель | Не токсичная | Не токсичная | Не токсичная | Не токсичная |
| Шламоотвал | Не токсичная | Не токсичная | Не токсичная | Не токсичная |
| Оборотный цикл кислородно-компрессорного цеха | Не токсичная | Не токсичная | Не токсичная | Не токсичная |
| Очистные сооружения локомотивного депо ЖДЦ-2 | Не токсичная | Не токсичная | Не токсичная | Не токсичная |
| Очистные сооружения коллектора «Дунай» | Не токсичная | Не токсичная | Не токсичная | Не токсичная |
| Ливневый коллектор центральной части АМК | Не токсичная | Не токсичная | Не токсичная | Не токсичная |
| Оборотный цикл прокатных станов | Не токсичная | Не токсичная | Не токсичная | Не токсичная |
| р. Лозовая (выше на 500 м стока) | Не токсичная | Не токсичная | Не токсичная | Не токсичная |
| р. Лозовая (ниже на 500 м стока) | Не токсичная | Не токсичная | Не токсичная | Не токсичная |
| Перелив с Нижне-Орловского водохранилища в р. Белая | Не токсичная | Не токсичная | Не токсичная | Не токсичная |
| Балка Должник (выше на 500 м сброса АМК) | Не токсичная | Не токсичная | Не токсичная | Не токсичная |
| р. Лозовая (выше объединённого стока КЦ и шламонакопителя листоотделки) | Не токсичная | Не токсичная | Не токсичная | Не токсичная |

Таблица 7

Характеристика сточных вод на острую летальную токсичность за 2013 г.

| Точка отбора проб | Характеристика сточных вод на острую летальную токсичность | | | |
|--|--|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| | 1-й кв. | 2-й кв. | 3-й кв. | 4-й кв. |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Цех переработки шлака | Сверхвысоко токсичная | Сверхвысоко токсичная | Сверхвысоко токсичная | Сверхвысоко токсичная |
| Шламонакопитель листоотделочных прокатных станов | Не токсичная | Не токсичная | Не токсичная | Не токсичная |

РЕГИОНАЛЬНАЯ ЭКОЛОГИЯ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

Продолжение таблицы 7

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Объединенный золо- и шламонакопитель | Не токсичная | Не токсичная | Не токсичная | Не токсичная |
| Шламоотвал | Не токсичная | Не токсичная | Не токсичная | Не токсичная |
| Оборотный цикл кислородно-компрессорного цеха | Не токсичная | Не токсичная | Не токсичная | Не токсичная |
| Очистные сооружения локомотивного депо ЖДЦ-2 | Не токсичная | Не токсичная | Не токсичная | Не токсичная |
| Очистные сооружения коллектора «Дунай» | Не токсичная | Не токсичная | Не токсичная | Не токсичная |
| Ливневый коллектор центральной части АМК | Не токсичная | Не токсичная | Не токсичная | Не токсичная |
| Оборотный цикл прокатных станов | Не токсичная | Не токсичная | Не токсичная | Не токсичная |
| р. Лозовая (выше на 500 м стока) | Не токсичная | Не токсичная | Не токсичная | Не токсичная |
| р. Лозовая (ниже на 500 м стока) | Не токсичная | Не токсичная | Не токсичная | Не токсичная |

Таблица 8

Характеристика сточных вод на острую летальную токсичность за 2014 г.

| Точка отбора проб | Характеристика сточных вод на острую летальную токсичность | | | |
|---|--|-----------------------|--------------|--------------|
| | 1-й кв. | 2-й кв. | 3-й кв. | 4-й кв. |
| Цех переработки шлака | Сверхвысоко токсичная | Сверхвысоко токсичная | - | - |
| Шламонакопитель листоотделки прокатных станов | Не токсичная | - | - | - |
| Объединенный золо- и шламонакопитель | Не токсичная | Не токсичная | Не токсичная | Не токсичная |
| Шламоотвал | Токсичная | Не токсичная | Не токсичная | Не токсичная |
| Оборотный цикл кислородно-компрессорного цеха | Не токсичная | Не токсичная | Не токсичная | - |
| Очистные сооружения локомотивного депо ЖДЦ-2 | Не токсичная | Не токсичная | Не токсичная | Не токсичная |
| Очистные сооружения коллектора «Дунай» | Не токсичная | Не токсичная | Не токсичная | Не токсичная |
| Ливневый коллектор центральной части АМК | Токсичная | Токсичная | Токсичная | Токсичная |
| Оборотный цикл прокатных станов | Токсичная | Токсичная | Токсичная | Токсичная |
| р. Лозовая выше на 500 м стока | Не токсичная | Не токсичная | Не токсичная | Не токсичная |
| р. Лозовая ниже на 500 м стока | Не токсичная | Не токсичная | Не токсичная | Не токсичная |

Следует отметить, что смертность дафний существенным образом зависела от продолжительности биотестирования. Учитывая особенности химического состава сточных вод комбината (высокая концентрация тяжелых металлов) и способность живых организмов, в том числе дафний и цериодафний аккумулировать тяжелые металлы, следует расширять задачи биотести-

рования и помимо определения острой летальной токсичности в обязательном порядке определять хроническое воздействие сточных вод АМК на тест-организмы.

Влияние деятельности АМК на экологическое состояние водоемов г. Алчевска. Наблюдения за состоянием поверхностных водных объектов в г. Алчевске проводятся на протяжении последних

РЕГИОНАЛЬНАЯ ЭКОЛОГИЯ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

двух-трех десятилетий несколькими организациями: городской санитарно-эпидемиологической станцией, ведомственными лабораториями АМК, лабораторией промышленной экологии научного центра мониторинга ДонГТИ. Для оценки состояния водоемов города были собраны, систематизированы и проанализированы имеющиеся у нескольких субъектов мониторинга данные о качестве воды за период с 2001 по 2011 гг. Лабораторией гидроэкологии и гидробиологии кафедры экологии и БЖД ДонГТИ в течение 2018–2020 гг. проводились исследования экологического состояния водных объектов г. Алчевска.

Минерализация воды в прудах (сухой остаток, хлориды, сульфаты) неизменно увеличивается, сильно превышая значения ПДК для этих показателей. Рост значений ХПК означает, что в воде увеличивается содержание органических загрязнений. Если содержание нитритов растет, а нитратов падает, это свидетельствует о вторичном загрязнении водоемов продуктами распада органических веществ. А снижение содержания растворенного кислорода говорит о том, что его не хватает для поддержания механизма самоочищения водоемов. В таблице 9 приведены результаты химических исследований поверхностных вод г. Алчевска за 2020 год.

Таблица 9

Химико-бактериологические показатели исследуемых вод

| Показатели качества воды | Большичный пруд | Школьный пруд | Верхний Лиманский пруд | Нижний Лиманский пруд | Верхнее Орловское водохранилище | Нижнее Орловское водохранилище |
|-----------------------------|-----------------|---------------|------------------------|-----------------------|---------------------------------|--------------------------------|
| Взвешенные вещества | 94 | 27 | 36,5 | 36,5 | 18 | 37,5 |
| Сухой остаток | 4490 | 1269 | 1808 | 1530 | 2178 | 1957 |
| Хлориды | 810 | 90 | 288 | 259 | 366 | 304 |
| Сульфаты | 1807 | 507 | 452 | 439 | 777 | 701 |
| Растворённый O ₂ | 6,6 | 7,59 | 11,05 | 9,57 | 8,41 | 6,60 |
| БПК _{полный} | 36,4 | 19,7 | 20,5 | 17,6 | 28,2 | 24,3 |
| Азот аммонийный | 6,9 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | 0,49 | 0,29 |
| Нитриты | 1,29 | <0,03 | 0,163 | 0,054 | 0,175 | <0,03 |
| Нитраты | 4,87 | 0,35 | 10,84 | 3,88 | 3,48 | 0,70 |
| Ортофосфаты | 0,283 | 0,073 | 0,268 | 0,101 | 0,289 | 0,107 |
| Железо общ. | 0,314 | 0,223 | 0,246 | 0,118 | 0,121 | 0,115 |
| Хром | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 |
| Медь | 0,012 | 0,015 | 0,018 | 0,015 | 0,024 | 0,022 |
| Никель | <0,005 | <0,005 | <0,005 | <0,005 | <0,005 | <0,005 |
| Марганец | 0,0073 | 0,0065 | 0,0073 | 0,0077 | 0,0095 | 0,0098 |
| СПАВ | 0,018 | 0,020 | 0,034 | 0,025 | 0,025 | 0,021 |
| Нефтепродукты | <0,3 | <0,3 | <0,3 | <0,3 | <0,3 | <0,3 |
| Фенолы | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 |
| Роданиды | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 |
| Цветность | 5 | 15 | 10 | 15 | 15 | 10 |
| pH | 6,25 | 7,19 | 6,93 | 7,28 | 6,99 | 6,85 |
| Индекс ЛКП | 6200 | 2400 | 24000 | 2400 | 2400 | 24000 |

Полученные данные свидетельствуют о том, что количество взвешенных веществ в исследуемых водах превышает ПДК во всех водоёмах, наибольшим образом в Больничном пруду. То же самое было отмечено и у показателя сухого остатка. Превышение ПДК по хлоридам у исследуемых вод было обнаружено в пробах из Больничного и Верхнего Орловского водохранилища. В пробах из Больничного пруда было отмечено превышение ПДК по сульфатам в 3,5 раза. В пробах из Школьного, Верхнего Орловского и Нижнего Орловского водохранилища количество сульфатов превышало ПДК незначительно. Во всех исследуемых водах наблюдалось превышение ПДК по БПК_{полному}, наибольшим образом в Больничном пруду. Превышения по нитратам не наблюдалось только у проб, отобранных из Школьного пруда и Верхне-Орловского водохранилища. Повышенные показатели ортофосфатов по сравнению с ПДК наблюдались в Больничном и Верхне-Лиманском прудах, а также в Верхне-Орловском водохранилище. Не наблюдалось превышения по железу общему во всех пробах, кроме воды из Больничного пруда. Отклонение от нормы по ЛКП наблюдалось в Больничном и Верхне-Лиманском пруду, а также в Нижне-Орловском водохранилище.

Также давали оценку качества воды по гидрохимическому индексу загрязнения воды (ИЗВ), который является комплексным показателем качества воды [5]. ИЗВ

определяется на основании значений среднегодовых концентраций шести или семи ингредиентов, обязательными из которых являются: растворённый кислород, ХПК или БПК, азот аммонийный или нитритный. Для расчёта ИЗВ мы использовали следующие показатели: растворённый O₂, сульфаты, хлориды, сухой остаток, БПК, нитриты, нитраты.

ИЗВ рассчитывали по формуле:

$$ИЗВ = \frac{1}{7} \sum_{i=1}^7 \frac{C_i}{ПДК_i},$$

где C — концентрация i -го показателя; $ПДК$ — предельно допустимая концентрация по i -му показателю.

Выделяют следующие классы качества воды: I — очень чистая (ИЗВ < 0,3); II — чистая (0,3 < ИЗВ < 1); III — умеренно загрязненная (1 < ИЗВ < 2,5); IV — загрязненная (2,5 < ИЗВ < 4); V — грязная (4 < ИЗВ < 6); VI — очень грязная (6 < ИЗВ < 10); VII — чрезвычайно грязная (ИЗВ > 10). Были рассчитаны ИЗВ по показателям количества сульфатов, хлоридов, нитратов, нитритов, сухого остатка, растворённого O₂ и БПК_n (табл. 10) для каждого исследуемого водоёма. Исходя из таблицы, Школьный пруд, Верхне-Лиманский пруд, Нижне-Лиманский пруд, Верхне-Орловское водохранилище и Нижне-Орловское водохранилище соответствуют III классу качества воды (умеренно загрязнённая), Больничный пруд — V классу (очень грязная).

Таблица 10

Удельные показатели качества воды водных объектов г. Алчевска

| Показатель | Школьный пруд | Больничный пруд | Верхне-Лиманский пруд | Нижне-Лиманский пруд | Верхне-Орловское вдхр | Нижне-Орловское вдхр |
|-----------------------------|---------------|-----------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|
| Растворённый O ₂ | 0,527 | 0,6060 | 0,3619 | 0,4179 | 0,4756 | 0,6060 |
| Сульфаты | 1,014 | 3,614 | 0,904 | 0,878 | 1,554 | 1,402 |
| Хлориды | 0,257 | 2,314 | 0,8228 | 0,74 | 1,0456 | 0,8685 |
| Сухой остаток | 1,269 | 4,49 | 1,808 | 1,53 | 2,178 | 1,957 |
| БПК _n | 3,94 | 7,28 | 4,1 | 3,52 | 5,64 | 4,86 |
| Нитриты | 0,375 | 16,125 | 2,037 | 0,675 | 2,1875 | 0,375 |
| Нитраты | 0,0077 | 0,1082 | 0,2408 | 0,0862 | 0,0773 | 0,0155 |
| ИЗВ | 1,0557 | 4,9339 | 1,4678 | 1,1210 | 1,8797 | 1,4405 |

Биотестирование поверхностных вод водоемов г. Алчевска. Оценка сезонной динамики хронической токсичности природных вод проводилась по результатам биотестирования *D. magna* по критериям выживаемости. Данные экспериментов и результаты их обработки приведены в следующих графиках (рис. 1–3). Все исследованные пробы дали результаты достоверные на уровне 95 %, т. е. значение $P > 0,05$.

Воды, отобранные в Ящиковском пруду, оказывали наибольший токсический эффект, чем воды из Больничного и Школьного прудов, так в мае выживаемость тест-объектов в пробах воды Ящиковского пруда была на 2 % ниже, чем в пробах воды Больничного пруда, на 6 % ниже, чем в пробах воды Школьного пруда, в июне разница составила 5 % и 1 % соответственно.

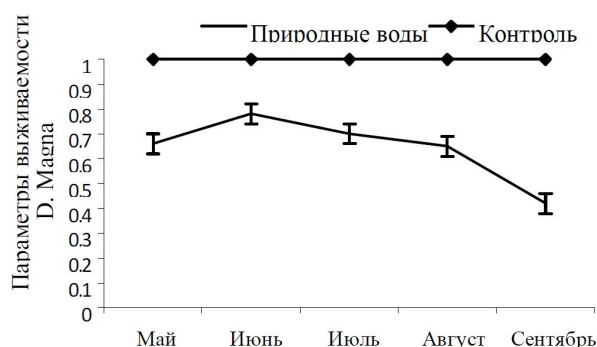


Рисунок 1 Сезонная динамика токсичности природных вод Ящиковского пруда по критерию выживаемости *D. magna*

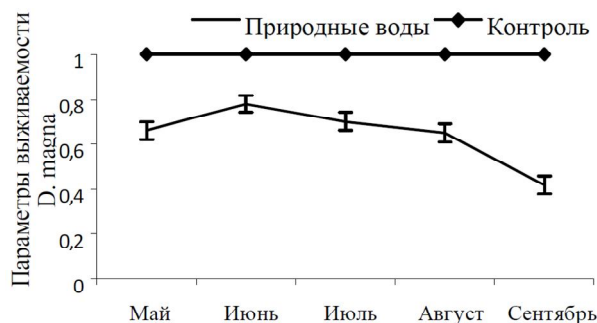


Рисунок 2 Сезонная динамика токсичности природных вод Больничного пруда по критерию выживаемости *D. magna*

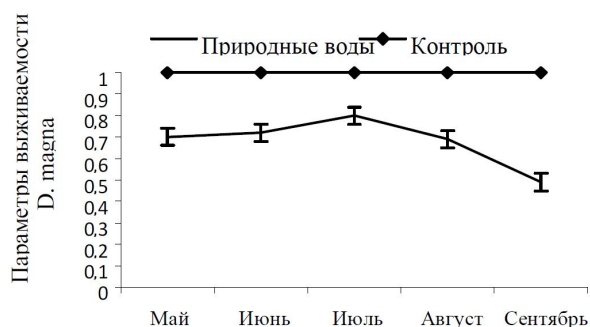


Рисунок 3 Сезонная динамика токсичности природных вод Школьного пруда по критерию выживаемости *D. magna*

В июле наибольшей токсичностью отличались воды Ящиковского пруда, выживаемость тест-объектов в данный период составила 70 %, в пробах Больничного пруда — 72 %, в пробах Школьного пруда — 80 %. В августе наибольшая степень токсичности по критерию выживаемости отмечена в Ящиковском пруду — 38 % гибели особей тест-объекта *D. magna*, в Больничном пруду — 35 %, в Школьном пруду — 31 %. Критические отметки токсичности зафиксированы в сентябре в пробах воды Ящиковского пруда, здесь выживаемость составила 42 %, в Больничном пруду — 46 %, в Школьном — 49 %.

Выводы. Промышленные сточные воды АМК большинства источников промышленных стоков не оказывают острого летального токсического воздействия на тест-объект *Daphnia magna*, за исключением цеха переработки шлака, сточные воды которого являются сверхвысокотоксичными или высокотоксичными.

Результаты химического анализа Ящиковского, Больничного, Школьного прудов и Верхнего и Нижнего Орловских водохранилищ показали значительное превышение ПДК сульфатов, хлоридов, нитратов, ортофосфатов, а также ЛКП.

Согласно полученным ИЗВ среди исследуемых водоёмов наиболее загрязнёнными водными объектами г. Алчевска являются Ящиковский и Больничный пруды, соответствующие V классу качества

воды (очень грязная), остальные водоёмы остаются примерно на одном уровне качества воды — III класс (умеренно загрязнённая).

Биотестирование поверхностных вод прудов на ракообразных *Дафния магна* показали достоверное токсическое влияние этих вод на выживаемость тест-объекта.

Библиографический список

1. ГОСТ 17.1.5.05–85. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к отбору проб поверхностных и морских вод, льда и атмосферных осадков. — Введ. 1986-07-01. — 12 с. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.centrattek.ru/media/new/regulation/gost-17-1-5-05-85-okhrana-prirody-gidrosfera-k-i-i.pdf>.
2. ПНД Ф Т 14.1:2:3:4.3–99. Токсикологические методы контроля: методика определения токсичности воды по смертности и изменению плодовитости дафний. — М., 1999. — 31 с.
3. ПНД Ф Т 14.1:2:3:4.4–99. Токсикологические методы контроля: методика определения токсичности воды по смертности и изменению плодовитости цериодафний. — М., 1999. — 31 с.
4. ISO 6341:2012. Water quality — Determination of the inhibition of the mobility of *Daphnia magna* Straus (Cladocera, Crustacea) — Acute toxicity test, MOD. — 2012. — 232 с.
5. Плохинский, Н. А. Математические методы в биологии [Текст] : учебно-методическое пособие / Н. А. Плохинский. — М. : Изд-во МГУ, 1978. — 340 с.
6. Отчет о выполнении работ по определению острой летальной токсичности сточных вод ПАО «АМК» в 2011 г. (согласно договору № 101 от 12 декабря 2010 г.) [Текст] / ООО «Эко-тест». — Алчевск, 2011. — 122 с.
7. Отчет о выполнении работ по определению острой летальной токсичности сточных вод ПАО «АМК» в 2012 г. (согласно договору № 3 от «16» января 2012 г.) [Текст] / ООО «Эко-тест». — Алчевск, 2012. — 123 с.
8. Отчет о выполнении работ по определению острой летальной токсичности сточных вод ПАО «АМК» в 2013 г. (согласно договору № 1 от «03» января 2013 г.) [Текст] / ООО «Эко-тест». — Алчевск, 2013. — 124 с.
9. Отчет о выполнении работ по определению острой летальной токсичности сточных вод ПАО «АМК» в 2014 г. (согласно договору от «03» января 2013 г.) [Текст] / ООО «Эко-тест». — Алчевск, 2014. — 125 с.

© Федорова В. С., Швыдченко С. С., Дубовик И. А., Олейник Т. С.

Рекомендована к печати д.м.н., и. о. гл. врача ГС «Алчевская городская санитарно-эпидемиологическая станция» Капрановым С. В., к.т.н., проф. каф. прикладной гидромеханики ДонГТИ Левченко Э. П.

Статья поступила в редакцию 09.02.2022.

Ph.D. in Pharmaceutical Sciences Fyodorova V. S., Ph.D. in Biology Shvydchenko S. S., Dubovik I. A., Oleynik T. S. (DonSTI, Alchevsk, LPR, fvs.valeri@gmail.com)
AN INTEGRATED ASSESSMENT OF WASTEWATER QUALITY FROM ALCHEVSK IRON AND STEEL WORKS AND SURFACE WATER OF TOWN PONDS IN ALCHEVSK BY BIOTESTING METHOD

*An integral assessment was performed on wastewater quality from various workshops of Alchevsk Iron and Steel Works and surface waters of town ponds in Alchevsk by biotesting method on *Daphnia* and *Ceriodaphnia*.*

Key words: Alchevsk Iron and Steel Works (AISW), biotesting, integrated assessment, acute lethal toxicity, surface water, wastewater.