

Микробиологическая характеристика ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ реки Миасс, Аргазинского и Шершнёвского водохранилищ

Микробиологическими методами изучено экологическое состояние р. Миасс, Аргазинского и Шершнёвского водохранилищ Челябинской области. Представлены данные о распространении гетеротрофных, анаэробных, сульфатредуцирующих, нефтеокисляющих и фенолоксиляющих бактерий в воде в зависимости от сезона. В ходе статистического анализа выявлены тренды распределения гетеротрофной микрофлоры в воде водоемов, характеризующие самоочищающие способности экосистемы.

Введение

Река Миасс и каскад из Аргазинского и Шершнёвского водохранилищ являются основными источниками воды для нескольких городов Челябинской области. На всем своем протяжении эти водные объекты испытывают сильное антропогенное влияние, что отражается на их состоянии. Исследования микробиологических характеристик воды имеют важное информационное значение. В водных экосистемах микрофлора является интегрирующим функциональным звеном и обладает высокой скоростью реагирования на изменение условий среды, служит индикатором качества вод и состояния экосистемы [1, 2]. Целью данной работы являлась оценка экологического состояния р. Миасс, Аргазинского и Шершнёвского водохранилищ по результатам микробиологических исследований.

Материал и методы исследования

На р. Миасс, Аргазинском и Шершнёвском водохранилищах пробы воды отбирались в ходе многократных выездов в 2008-2009 гг. (рис. 1). Пробы воды отбирались со среднего горизонта с учётом требований асептики. Определе-

Н.Ю. Арсентьева*,
аспирант
биологического
факультета, ГОУ ВПО
Челябинский
государственный
университет

Д.Ю. Нохрин,
кандидат
биологических наук,
старший научный
сотрудник,
Уральский филиал
Всероссийского
научно-
исследовательского
института
ветеринарной
санитарии,
гигиены и экологии
Российской академии
сельскохозяйственных
наук (Уральский
филиал ГНУ
ВНИИВСГЭ РАСХН)



ние мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных бактерий (МАФАНМ) проводилось методом глубинного посева на среду МПА [3]. Определение общего количества бактерий группы кишечной палочки (ОКБ, коли-индекс) проводилось титрационным методом [4]. Выделение нефтеокисляющих бактерий осуществляли на минеральной среде Диановой-Ворошиловой с добавлением нефти, выявление анаэробных микроорганизмов – на тиогликолевой среде [3]. Определение наличия сульфатредуцирующих анаэробных микроорганизмов проводилось на среде Кравцова-Сорокина. Пробы исследовались также на наличие фенолоксиляющих микроорганизмов [5].

В ходе статистической обработки данных рассчитывали средние значения количественных показателей и их 95 %-ные доверительные интервалы (ДИ). Расчеты и графические построения выполнены в пакете KyPlot (v. 2 beta 15). [6, 7]

* Адрес для корреспонденции: biologinya@rambler.ru

Результаты и их обсуждение

Результаты исследования представлены в табл. 1-5. Основным показателем микробного загрязнения водоема является количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов – МАФАНМ (синонимы: общее микробное число, сапрофитные микроорганизмы, гетеротрофные микроорганизмы). Согласно нормативам их содержание в 1 мл поверхностных вод должно быть не более 103 колониобразующих единиц (КОЕ). Количество бактерий группы кишечной палочки (ОКБ, коли-индекс) является показателем фекального загрязнения водоема. В норме их должно содержаться не более 10 КОЕ/мл для поверхностных водоемов [4].

Остальные показатели не являются нормируемыми, однако позволяют охарактеризовать особенности разложения органического вещества в водоеме. Так, обнаружение анаэробов и сульфатредуцирующих бактерий указывает на протекание в среднем горизонте анаэробных процессов распада органического вещества. Анаэробные микроорганизмы являются гармоничным компонентом действующей экосистемы, участвующим в основных биогеохимических природных циклах. В условиях достаточной аэрации водоема анаэробы не представляют для него опасности, но при недостатке кислорода может возник-

Ю.Г. Грибовский,
доктор ветеринарных наук, директор, Уральский филиал Всероссийского научно-исследовательского института ветеринарной санитарии, гигиены и экологии Российской академии сельскохозяйственных наук (Уральский филиал ГНУ ВНИИВСГЭ РАСХН)

нуть преобладание анаэробных процессов в экосистеме, и, как следствие, образование высокотоксичного для биоты сероводорода [8]. Наличие нефте- и фенолоксиляющих микроорганизмов указывает на процессы аэробного разложения органического вещества в среднем горизонте, а также на теоретическую возможность самоочищения водоема от загрязнения углеводородами и фенолами, соответственно. [2]

МАФАНМ. На исследованном участке р. Миасс, включая Аргазинское и Шершнёвское водохранилища, превышения нормативов по МАФАНМ обнаружены в 29 из 65 проб, что составляет 44,6 %.

Наиболее благополучным по общему микробному числу является Шершнёвское водохранилище. В нём не было зарегистрировано превышений норматива, а средние значения показателя составили: в сентябре 301 (95 %-ный ДИ 183–494) КОЕ/мл, в феврале 78,1 (95 % ДИ 13,5–452) КОЕ/мл. Несколько уступает ему по качеству вода Аргазинское водохранилище. В нём превышения обнаружены в 16,7 % проб, а средние значения составили: в мае 138 (95 % ДИ 15,5–1232) КОЕ/мл, в августе 190 (95 % ДИ 31,6–1137) КОЕ/мл, в феврале 61,0 (95 % ДИ 6,2–603) КОЕ/мл. Существенно хуже ситуация была в самой реке. Так, на участке между водохранилищами превышение норматива регистрировалось в 66,7 % проб, а среднее значение

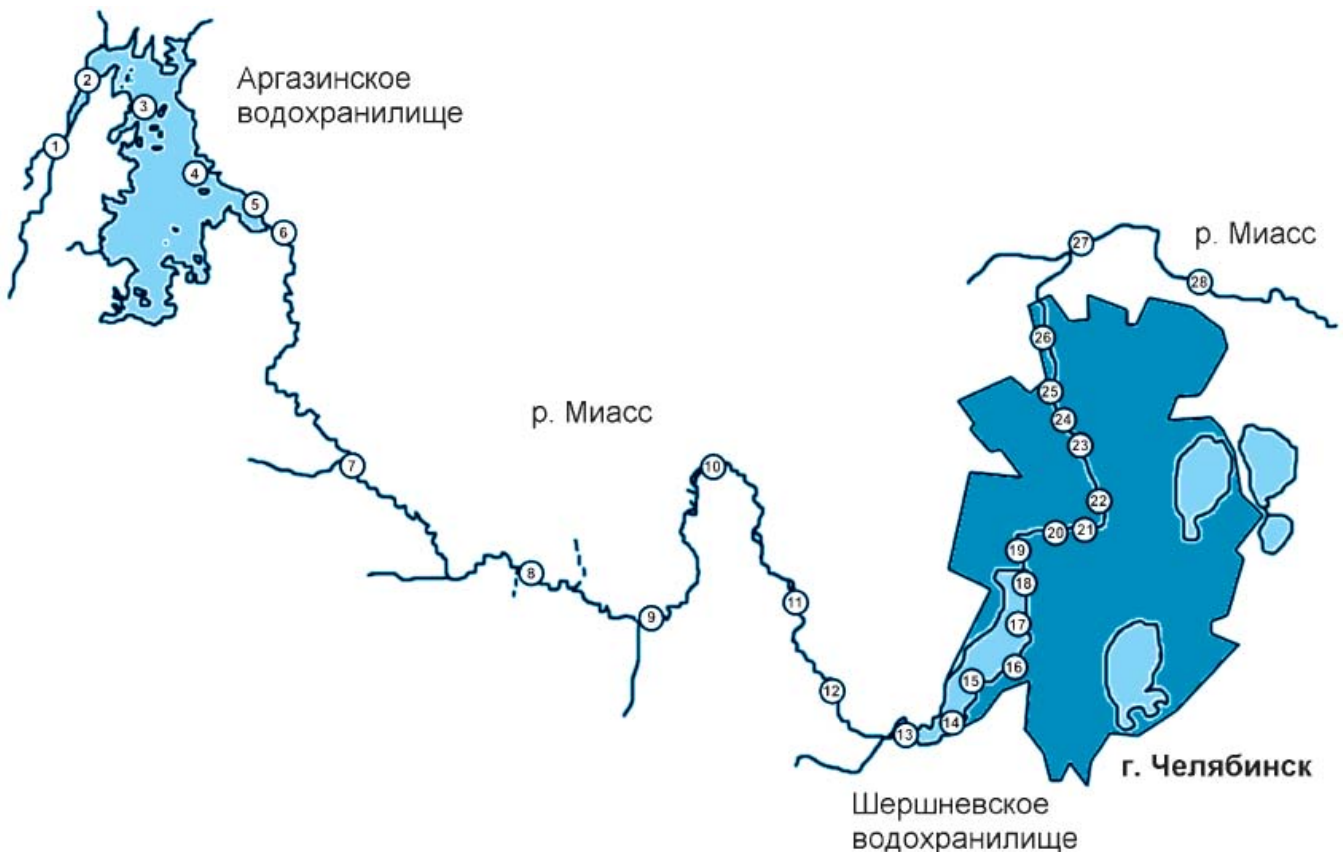


Рис. 1. Станции отбора проб воды р. Миасс в 2008-2009 гг.

Таблица 1

Микробиологические характеристики воды
Аргазинского водохранилища в 2008-2009 гг.

Показатели	Станции отбора проб воды					
	1	2	3	4	5	6
Май 2008 г.						
МАФАНМ, КОЕ/мл	2700	600	30	40	50	1400
Коли-индекс, КОЕ/мл	1000	100	100	100	10	10
Физиологические группы:						
– Анаэробные, наличие	«+»	«+»	«+»	«+»	«+»	«+»
– Сульфатредуцирующие, наличие	«+»	«+»	«+»	«+»	«+»	«+»
/титр	0,01	0,1	0,01	0,01	0,1	0,1
– Нейтеокисляющие, титр	0,01	0,1	0,1	«-»	0,1	0,1
– Фенолокисляющие, наличие	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»
Август 2008 г.						
МАФАНМ, КОЕ/мл	700	650	600	400	35	45
Коли-индекс, КОЕ/мл	1000	1000	1000	100	10	100
Физиологические группы:						
– Анаэробные, наличие	«+»	«+»	«+»	«+»	«+»	«+»
– Сульфатредуцирующие, наличие	«-»	«+»	«-»	«+»	«+»	«+»
– Нейтеокисляющие, титр	0,01	0,01	0,1	0,1	0,01	0,001
– Фенолокисляющие, наличие	«+»	«+»	«-»	«+»	«-»	«-»
Февраль 2009 г.						
МАФАНМ, КОЕ/мл	74	1600	42	22	22	26
Коли-индекс, КОЕ/мл	10	1	10	100	100	1000
Физиологические группы:						
– Анаэробные, наличие	«+»	«+»	«+»	«+»	«+»	«-»
– Сульфатредуцирующие, наличие	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»
– Нейтеокисляющие, титр	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»
– Фенолокисляющие, наличие	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»
Май 2008 г.						
МАФАНМ, КОЕ/мл	2700	600	30	40	50	1400
Коли-индекс, КОЕ/мл	1000	100	100	100	10	10
Физиологические группы:						
– Анаэробные, наличие	«+»	«+»	«+»	«+»	«+»	«+»
– Сульфатредуцирующие, наличие	«+»	«+»	«+»	«+»	«+»	«+»
/титр	0,01	0,1	0,01	0,01	0,1	0,1
– Нейтеокисляющие, титр	0,01	0,1	0,1	«-»	0,1	0,1
– Фенолокисляющие, наличие	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»
Август 2008 г.						
МАФАНМ, КОЕ/мл	700	650	600	400	35	45
Коли-индекс, КОЕ/мл	1000	1000	1000	100	10	100
Физиологические группы:						
– Анаэробные, наличие	«+»	«+»	«+»	«+»	«+»	«+»
– Сульфатредуцирующие, наличие	«-»	«+»	«-»	«+»	«+»	«+»
– Нейтеокисляющие, титр	0,01	0,01	0,1	0,1	0,01	0,001
– Фенолокисляющие, наличие	«+»	«+»	«-»	«+»	«-»	«-»
Февраль 2009 г.						
МАФАНМ, КОЕ/мл	74	1600	42	22	22	26
Коли-индекс, КОЕ/мл	10	1	10	100	100	1000
Физиологические группы:						
– Анаэробные, наличие	«+»	«+»	«+»	«+»	«+»	«-»
– Сульфатредуцирующие, наличие	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»
– Нейтеокисляющие, титр	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»
– Фенолокисляющие, наличие	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»

Примечание. Здесь и далее выделены превышения нормативных показателей

Таблица 2

Микробиологические характеристики воды р. Миасс на участке между водохранилищами в августе 2008 г.

Показатели	Станции отбора проб воды					
	7	8	9	10	11	12
МАФАНМ, КОЕ/мл	1600	1500	1000	6000	2200	1000
Коли-индекс, КОЕ/мл	<1	10	10	100	10	10
Физиологические группы:						
– Нефтеокисляющие, титр	0,001	0,001	0,0001	0,001	0,001	0,001
– Фенолокисляющие, наличие	«-»	«-»	«+»	«+»	«+»	«-»

Таблица 3

Микробиологические характеристики воды Шершнёвского водохранилища в 2008-2009 гг.

Показатели	Станции отбора проб воды					
	13	14	15	16	17	18
Сентябрь 2008 г.						
МАФАНМ, КОЕ/мл	520	240	150	430	230	400
Коли-индекс, КОЕ/мл	10	10	100	100	10	10
Физиологические группы:						
– Анаэробные, наличие	«+»	«+»	«+»	«+»	«+»	«+»
– Сульфатредуцирующие КОЕ/мл	1	«-»	«-»	1	«-»	1
– Нефтеокисляющие, титр	1	«-»	«-»	1	«-»	1
– Фенолокисляющие, наличие	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»
Февраль 2009 г.						
МАФАНМ, КОЕ/мл	84	330	824	46	24	9
Коли-индекс, КОЕ/мл	10	1	100	1	10	1
Физиологические группы:						
– Анаэробные, наличие	«+»	«+»	«+»	«+»	«+»	«+»
– Сульфатредуцирующие КОЕ/мл	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»
– Нефтеокисляющие, титр	«-»	«-»	«-»	«-»	0,1	1



Таблица 4

Микробиологические характеристики воды р. Миасс в черте г. Челябинск в 2008-2009 гг.

Показатели	Станции отбора проб воды						
	19	20	21	22	23	24	25
Январь 2008 г.							
МАФАНМ, КОЕ/мл	200	70000	–	2000	900000	–	500000
Коли-индекс, КОЕ/мл	1	10	–	10	1000	–	100
Физиологические группы:							
– Анаэробные, наличие	«+»	«+»	–	«+»	«+»	–	«+»
– Сульфатредуцирующие, титр	0,1	0,1	–	0,01	0,01	–	0,1
– Нейтеокисляющие, титр	«–»	0,001	–	0,001	0,01	–	0,01
– Фенолокисляющие, наличие	«–»	«–»	–	«–»	«–»	–	«–»
Июнь 2008 г.							
МАФАНМ, КОЕ/мл	6000	3000	7 00000	400	2000	5000	2000
Коли-индекс, КОЕ/мл	1000	1000	10000	1000	1000	10000	1000
Физиологические группы:							
– Анаэробные, наличие	«+»	«+»	«+»	«+»	«+»	«+»	«+»
– Сульфатредуцирующие, титр	«–»	0,1	0,01	0,1	0,1	0,1	0,1
– Нейтеокисляющие, титр	0,01	0,01	0,001	0,1	0,1	0,001	0,01
– Фенолокисляющие, наличие	«–»	«–»	«–»	«–»	«–»	«–»	«–»
Август 2008 г.							
МАФАНМ, КОЕ/мл	56000	6100	1500	3100	4400	450	2000
Коли-индекс, КОЕ/мл	100	100	100	100	100	10	100
Физиологические группы:							
– Анаэробные, наличие	«+»	«+»	«+»	«+»	«+»	«+»	«+»
– Сульфатредуцирующие, титр	0,1	0,01	0,01	0,1	0,01	0,01	0,01
– Нейтеокисляющие, титр	0,001	0,01	0,1	0,01	0,1	0,01	0,001
– Фенолокисляющие, наличие	«–»	«–»	«–»	«–»	«–»	«–»	«–»
Январь 2009							
МАФАНМ, КОЕ/мл	16	240	240	640	6000	6000	8000
Коли-индекс, КОЕ/мл	<1	100	100	10	1000	100	1000
Физиологические группы:							
– Анаэробные, наличие	«–»	«–»	«–»	«–»	«+»	«+»	«+»
– Сульфатредуцирующие, титр	«–»	«–»	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
– Нейтеокисляющие, титр	«–»	«–»	«–»	0,1	0,1	«–»	0,1
– Фенолокисляющие, наличие	«–»	«–»	«–»	«–»	«–»	«–»	«–»

Таблица 5

Микробиологические характеристики воды р. Миасс за чертой г. Челябинск в сентябре 2008 гг.

Показатели	Станции отбора проб воды		
	26	27	28
МАФАНМ, КОЕ/мл	150000	40000	4000
Коли-индекс, КОЕ/мл	1000	10000	1000
Физиологические группы:			
– Нейтеокисляющие, титр	0,001	0,01	0,01



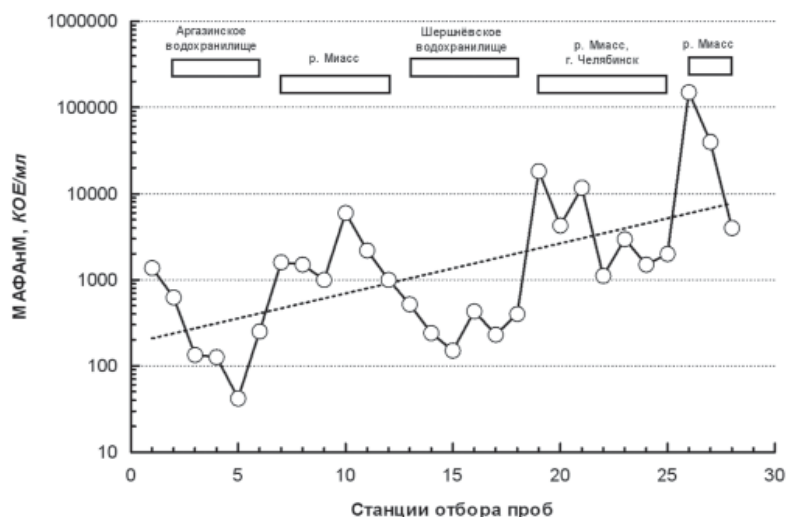


Рис. 2. Динамика изменения количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов в воде р. Миасс и её водохранилищах в 2008-2009 гг.

составило 1779 (95 % ДИ 883–3584) КОЕ/мл. В черте г. Челябинск превышение норматива обнаружено в 73,1 % проб, а величина МАФАНМ варьировала в различные периоды от 3489 до 26307 КОЕ/мл. Наименее благополучная ситуация наблюдалась в р. Миасс после г. Челябинск – во всех трёх изученных пробах наблюдалось превышение норматива в 4-150 раз, а среднее значение составило $2,9 \times 10^4$ (95 % ДИ $303-2,7 \times 10^6$) КОЕ/мл.

В ходе корреляционного анализа была обнаружена статистически значимая положительная связь между порядковым номером станции и средней величиной МАФАНМ – коэффициент корреляции Спирмена $r_s = 0,58$; $P = 0,003$. Это указывает на существование тренда увеличения данного показателя на изученном отрезке р. Миасс. Данный тренд, обозначенный на рис. 3 пунктирной линией, можно трактовать как угнетение самоочищающей способности экосистемы р. Миасс в отношении сапрофитной микрофлоры в условиях высокой плотности населённых пунктов.

Коли-индекс. На исследованном участке р. Миасс, включая Аргазинское и Шершнёвское водохранилища, превышения нормативов по коли-индексу обнаружены в 38 из 65 проб, что составляет 58,5 %.

Наиболее благополучным по количеству бактерий группы кишечной палочки является участок между водохранилищами (превышения нормативов отмечены в 16,7 % проб) и Шершнёвское водохранилище (25,0 %). Наименее благополучна р. Миасс после г. Челябинск (100 %). Промежуточное положение по качеству воды занимали

Аргазинское водохранилище (66,7 %) и р. Миасс в черте г. Челябинск (73,1 %).

Динамика изменения среднего значения коли-индекса напоминала таковую для МАФАНМ, но имела свои особенности. Общим являлось снижение показателя в разрезе Аргазинского водохранилища и последующий его рост на всём протяжении рассматриваемого участка реки. Однако, в отличие от МАФАНМ, тренд имел нелинейный характер, указывающий на возможность полного самоочищения реки от этого вида бактерий в некоторых точках (рис. 3).

Анаэробные микроорганизмы. Регистрировались в подавляющем большинстве проб (92,3 %). Не были обнаружены в одной февральской пробе из Аргазинского водохранилища и в четырёх январских пробах р. Миасс в черте г. Челябинск. Таким образом, все случаи необнаружения анаэробных микроорганизмов относятся к зимнему подлёдному периоду, что может объясняться их миграцией в нижние горизонты водоёмов и/или переходом в покоящееся или некультивируемое состояние.

Сульфатредуцирующие микроорганизмы. Регистрировались в 64,2 % проб. Как и для анаэробных микроорганизмов в целом, большинство случаев их необнаружения наблюдалось в зимнее время. В августе-сентябре не обнаруживались в Аргазинском и Шершнёвском водохранилищах, что указывает на хорошую аэрацию воды этих водоёмов.

Нефтеокисляющие микроорганизмы. Обнаружены в большинстве проб (70,1 %). Для рассматриваемых уральских водоёмов наличие нефтеокисляющих микроорганизмов

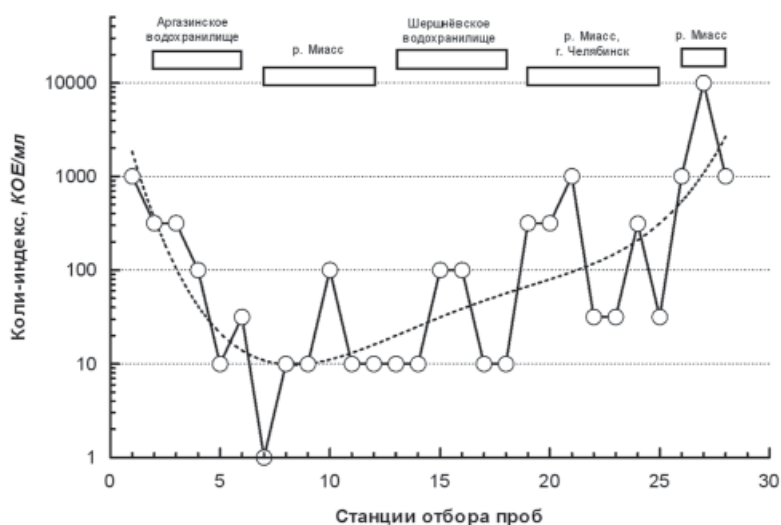


Рис. 3. Динамика изменения количества бактерий группы кишечной палочки в воде р. Миасс и её водохранилищах в 2008-2009 гг.

является оптимистичным показателем состояния экосистемы, т.к. нефтепродукты являются одним из приоритетных техногенных загрязнителей. Большинство случаев их необнаружения приходилось на зимнее время и может объясняться как снижением содержания углеводов в воде, так и снижением физиологической активности самих микроорганизмов.

Фенолоксиляющие микроорганизмы. Преимущественно отсутствуют в исследованных водоёмах и были обнаружены только в 6 летних пробах воды из Аргазинского водохранилища и на участке р. Миасс после него. Отсутствие фенолоксиляющих организмов в р. Миасс в черте города может указывать на возможность усугубления сложной экологической ситуации, поскольку, согласно нашим исследованиям, фенолы входят в число приоритетных загрязнителей г. Челябинск и регистрируются в трети проб сточных вод, поступающих в р. Миасс в черте города [9]. Причины отсутствия специфических микроорганизмов при наличии субстрата могут быть различными и будут исследоваться в дальнейшем.

Заключение

Таким образом, по результатам микробиологических исследований экологического состояния р. Миасс, Аргазинского и Шершнёвского водохранилищ были обнаружены факты превышения нормируемых показателей МАФАНМ и бактерий группы кишечной палочки; выявлены тренды, характеризующие распределение гетеротрофной микрофлоры в воде водоемов. Особенности распространения анаэробных, сульфатредуцирующих и нефтеокисляющих бактерий свидетельствуют о балансе аэробных и анаэробных процессов окисления органических веществ в водоемах.

Ключевые слова:

река Миасс, Аргазинское водохранилище, Шершнёвское водохранилище, экологическое состояние, микробиологическая характеристика

Литература

1. Громов Б.В. Экология бактерий / Б.В. Громов, Г.В. Павленко. Л.: Изд-во Ленингр. Ун-та, 1987. 248 с.
2. Моисеенко Т.И. Антропогенные преобразования водных экосистем Кольского Севера / Т.И. Моисеенко, В.А. Яковлев. Л.: Наука, 1990. 220 с.
3. Кузнецов С.И. Методы изучения водных микроорганизмов / С.И. Кузнецов, Г.А. Дубинина. М.: Наука, 1989. 288 с.
4. МУК 4.2.1884-04 Санитарно-микробиологический и санитарно-паразитологический анализ воды поверхностных водных объектов. // Бюллетень нормативных и методических документов Госсанэпиднадзора. 2005. № 2. 41с.
5. Намсараев Б.Б. Полевой практикум по водной микробиологии и гидрохимии: Методическое пособие / Б.Б. Намсараев, Д.Д. Бархутова, В.В. Хасинов. М. – Улан-Удэ: Изд-во БГУ, 2006. 68 с.
6. Hammer Ø. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis / Ø. Hammer, D.A.T. Harper, P.D. Ryan // Palaeontologia Electronica. 2001. V. 4, № 1. P 9. URL: http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm
7. Pualson D.S. Biostatistics and Microbiology: A Survival Manual. NY: Springer, 2008. 216 p.
8. Заварзин Г.А. Лекции по природоведческой микробиологии / Г.А. Заварзин. М.: Наука, 2003. 348 с.
9. Нохрин Д.Ю. Исследование химического состава сточных вод г. Челябинска / Д.Ю. Нохрин, Ю.Г. Грибовский, Н.А. Давыдова, Г.И. Хасанова // Водные ресурсы Южного Урала – 2004. Проблемы водохозяйственного комплекса: Сб. науч. статей науч.-практ. конф., Челябинск, 27-28 апреля 2004 г. Челябинск, 2004. С. 192-195.

N.Yu. Arsent'eva, D.Yu. Nokhrin, Yu.G. Gribovskiy

RIVER MIASS MICROBIOLOGICAL CHARACTERISTIC OF ARGAZINSKOYE AND SHERSHNYOVSKOYE WATER-STORAGE BASINS

Microbiological methods were used for ecological condition analysis of the river Miass of Argazinskoye and Shershnyovskoye water-storage basins, the Chelyabinsk Region. Heterotrophic anaerobic sulphate-reducing, oil-, phenol-

oxidizing bacteria distribution as a function of season has been investigated. Trend lines of heterotrophic microflora population characterizing self-purification ecosystem capacity have been outlined.

Key words: the river Miass, Argazinskoye water-storage basin, Shershnyovskoye water-storage basin, ecological condition, microbiological characteristic.