

**ДИАГНОСТИКА СОСТОЯНИЯ ЭКОСИСТЕМ ВОДОТОКОВ
НА ЛИЦЕНЗИОННЫХ УЧАСТКАХ
НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ СРЕДНЕГО ПРИОБЬЯ**

Шорникова Е.А.

Сургутский государственный университет

Приведены результаты мониторинга водотоков на территории лицензионных участков нефтяных месторождений Среднего Приобья. Проведена комплексная оценка состояния водотоков по показателям химического состава, результатам биоиндикации и биотестирования с использованием водных микроорганизмов.

Хозяйственная деятельность, которая осуществляется на территориях, как непосредственно прилегающих к водотокам, так и находящихся в пределах их водосборов, оказывает негативное воздействие на состояние поверхностных вод. Загрязняющие вещества могут поступать в водные объекты со сбросами сточных вод предприятий (так называемые организованные или точечные источники). Нагрузка от источников такого типа в безаварийных условиях работы сравнительно постоянна по объемам сбросов (расходу сточных вод) и концентрациям загрязняющих веществ. Пространственная локализация точечных источников также является постоянной, что обеспечивает потенциальную возможность их контроля [1].

Для водотоков бассейна Средней Оби, несмотря на достаточно высокую концентрацию промышленных объектов в водоохранных зонах и, следовательно, большие объемы сточных вод, сбрасываемых организованно в поверхностные водоемы, актуальна проблема диффузного загрязнения [2], рассредоточенного по водосборной территории (так называемые неточечные источники). В составе поверхностного стока присутствует огромный ассортимент техногенных загрязнителей, находящихся на поверхности водосборных территорий вследствие их хозяйственного освоения.

Преимущественными видами технологических процессов, протекающих на описываемой территории, являются процессы обустройства и эксплуатации нефтяных месторождений, добычи, первичной переработки и транспортировки углеводородного сырья. Как в аварийных ситуациях, так и в режиме нормальной

эксплуатации промышленных объектов данного типа, происходят утечки, сбросы или иное поступление различных химических веществ не только непосредственно в водные объекты, но и на поверхность площади водосбора.

Перечень реагентов, использующихся в процессах нефтедобычи, которые могут оказаться в составе загрязняющих веществ, очень обширен [3]: кислоты, анионоактивные и неионогенные ПАВ, углеводородные растворители (дизельное топливо, керосин, газоконденсат и др.), водопоглотители (метанол, диэтиленгликоль, ацетон, ацетоновые растворы кремнийорганических соединений), водорастворимые полимеры, ингибиторы отложения солей (на основе фосфорорганических соединений, производные карбоновых и сульфокислот, алкиленаминов, растворы хлорида натрия, гидроксида калия и др.), ингибиторы коррозии (амины, амиды, карбоновые кислоты, эфиры, спирты, альдегиды, кетоны и др.). Перечисленные реагенты различны по химическому составу, физико-химическим свойствам, а значит и по степени токсичности. Токсикологические характеристики многих веществ, специфика их комбинированного действия, а также кумулятивные свойства не известны.

Современная система экологического мониторинга в России предполагает оценку качества воды водоемов по гидрохимическим показателям. Критерием состояния водотока являются нормативы предельно-допустимых концентраций (ПДК), при разработке которых не учитываются региональные гидролого-геохимические особенности водосбора, в пределах которого происходит формирование гидрохимического режима водоема. Такая практика не позволяет оценить обобщенное воздействие загрязняющих веществ на экосистему водоема.

В настоящее время актуальной является задача создания методологической основы системы мониторинга, которая позволила бы сочетать методы гидрохимические и эколого-токсикологические для комплексной диагностики состояния водных экосистем. Для решения этой задачи осуществлялись диагностические исследования экосистем водотоков широтного отрезка Средней Оби, дренирующих территории лицензионных участков нефтяных месторождений, с использованием гидрохимических и микробиологических методов.

Широтный отрезок Средней Оби расположен в центральной части Западной Сибири. Водообеспеченность территории очень высока, густота речной сети составляет 0,1-0,3 км/км² [4]. С 50-х гг. XX в. поверхностные воды территории испытывают прогрессирующую антропогенную нагрузку, связанную с освоением и эксплуатацией объектов нефтегазового комплекса (НГК), интенсивной урбанизацией, созданием обширной и разноплановой инфраструктуры. В бассейне широтного отрезка Средней Оби осуществляют хозяйственную деятельность подразделения таких крупных нефтяных компаний как «Сургутнефтегаз», «Роснефть», «Мегионнефтегаз», «ЛУКойл», «British Petroleum» и др. По берегам рек расположены крупные города – Сургут, Нижневартовск, Нефтеюганск. Наблюдается постоянный прирост численности населения. В то же время большинство водных объектов имеет рыбохозяйственное значение: водоемы бассейна Средней Оби не имеют себе равных по запасам сиговых [5].

Помимо антропогенной нагрузки, водные объекты рассматриваемой территории подвергаются действию специфических режимов: длительный ледостав, короткий вегетационный период, низкая концентрация кислорода и, как следствие, периодически возникающие восстановительные условия в водной среде, заморные явления и др.

Объекты и методы исследований

Мониторинг водотоков проводился в характерные гидрологические сезоны (половодье, осенняя межень, зимняя межень) 2003-2006 гг. Отбор проб воды осуществлялся из поверхностного горизонта водной толщи в соответствии с ГОСТ 17.1.5.05-85. Обследовано 23 водотока в 28 контрольных створах (КС) на территории Сургутского, Нефтеюганского и Нижневартовского районов; в том числе приуроченных к главному руслу Оби и протокам – 3 КС, крупным притокам – 6 КС, малым рекам – 19 КС. 25 КС были организованы на территории лицензионных участках нефтяных месторождений (ЛУНМ), 3 КС – на относительно ненарушенных участках водотоков, в том числе 1 КС располагалось на территории Государственного природного заповедника (ГПЗ) «Юганский».

Общая протяженность обследованного участка русла Оби составила около 300 км. Схема расположения КС представлена на рис.1.

Пробы воды исследовались по 16 показателям химического состава с использованием стандартных методов гидрохимического анализа [6]. Статистическая обработка результатов осуществлялась с использованием пакета статанализа для «MSExell».

Расчет индекса состояния водоема I_{wq} (Water Quality Index) осуществлялся по формуле [7, 8]:

$$I_{wq} = \sum_{j=1}^n \alpha_j \cdot \frac{P_{sj} - P_{jcp}}{\sigma_j},$$

где s – контрольный створ;

j – контролируемый показатель;

P_{sj} - значение показателя j для контрольного створа s ;

P_{jcp} – среднее значение показателя j , рассчитанное для всей исследованной акватории;

σ_j – стандартное отклонение параметра P_{sj} от среднего значения;

α_j – доля параметра P_{sj} в индексе I_{wq} .

В индекс состояния водоема включают только те показатели, для которых соблюдается условие [8]: $P_{sj}/P_{jcp} > 1$. При расчете α_j принимаем $\sum \alpha_j = 1$.

По полученным значениям индексов состояния водные объекты могут быть отнесены к определенному классу качества воды [7]:

$I_{wq} < 0,5$ – чистые (1 класс);

$0,5 < I_{wq} < 1,0$ – относительно чистые (2 класс);

$1,1 < I_{wq} < 1,5$ – умеренно загрязненные (3 класс);

$1,6 < I_{wq} < 2,0$ – загрязненные (4 класс);

$I_{wq} > 2,0$ – сильно загрязненные (5 класс).

Для микробиологической характеристики водотоков в структуре микробных сообществ исследовали численность микроорганизмов различных эколого-трофических групп: общее микробное число (ОМЧ), численность сапрофитных бактерий (СБ), фенолусваивающих бактерий (ФБ), фенолрезистентных бактерий (ФРБ), бактерий группы кишечной палочки (БГКП), нитрифицирующих бактерий (НБ). Бактериологические посева десятикратных

разведений водной суспензии производили на плотные питательные среды с применением стандартных методов, используемых в водной микробиологии [9, 10].

Коэффициент минерализации органического вещества, определяющий способность водотоков к самоочищению, рассчитывали по формуле:

$$K_M = N_{NB} / N_{CB},$$

где N – количество микроорганизмов соответствующих эколого-трофических групп [11].

Выделенные культуры бактерий различных эколого-трофических групп микроскопировали с окраской по Граму и подсчитывали соотношение грамположительных и грамотрицательных изолятов, а также морфологических форм бактерий.

Выделенные из водотоков различной степени загрязнения аборигенные культуры гетеротрофных СБ использовали для исследования токсичности воды

водотоков по показателю изменения плотности популяции после суточного культивирования в исследованной воде. В качестве показателя токсичности использовали степень отклонения оптической плотности бактериальной суспензии от таковой в контроле [6]. По результатам измерений рассчитывали индекс токсичности пробы [8]:

$$I_m = \frac{\Delta E_k - \Delta E_{on}}{\Delta E_k},$$

где ΔE_k , ΔE_{on} – изменение оптической плотности бактериальной суспензии в контрольных и опытных пробирках после экспозиции.

Токсичной считалась проба воды, в которой значения индекса токсичности соответствовали соотношению [8]:

$$- 0,2 \leq I_m \leq 0,3.$$

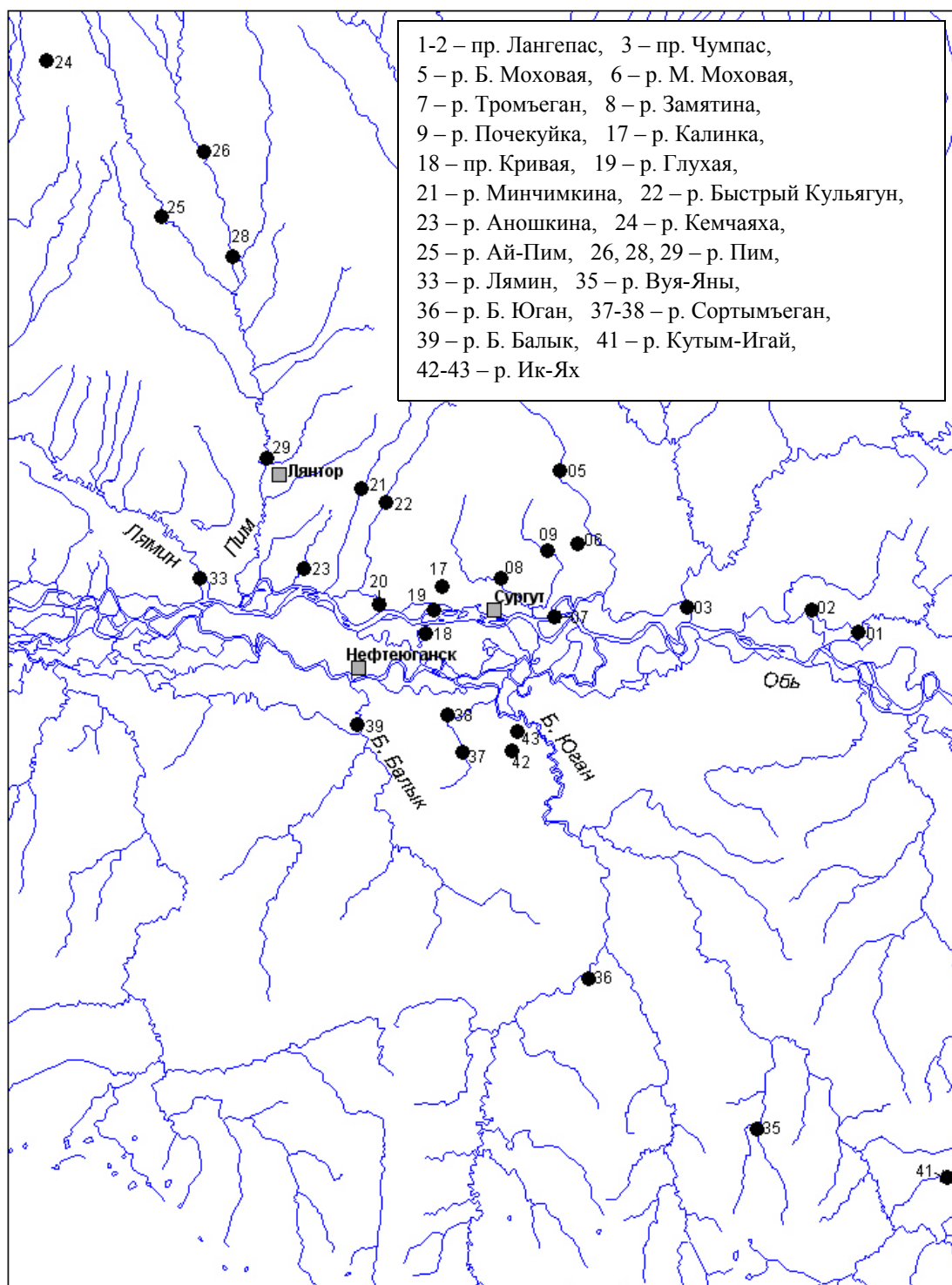


Рисунок 1. Схема расположения контрольных створов

Результаты и их обсуждение

Характеристика гидрохимического режима водотоков. Результаты гидрохимических исследований рек, дренирующих территории ЛУНМ, представлены в табл. 1.

рН. Во все гидрологические сезоны отмечены пробы воды со значениями рН > 7. Отклонение рН от характерных для вод данной ландшафтной зоны значений (5,50-7,00 ед. [4]) явно свидетельствует об антропогенной нагрузке. Максимальное абсолютное значение рН (8,40 ед.) выявлено в период зимней межени. Максимальное среднее значение рН получено для периода половодья, что также является показателем нарушенности водных экосистем, т.к. в период открытой воды формируется кислая и слабокислая реакция водной среды, когда питание рек осуществляется за счет кислых поверхностно-склоновых и почвенно-грунтовых вод, формирующихся на заболоченных водосборах. Максимальные абсолютные значения рН были отмечены в пр. Кривая (половодье и осенняя межень) и р. Б. Балык (зимняя межень). Для данного показателя не приведен процент проб, значения рН которых не укладываются в нормативный диапазон 6,5-8,5. Этот диапазон соответствует слобокислой, нейтральной и слабощелочной реакциям среды. В то время как природные геохимические и физико-химические особенности рассматриваемых ландшафтов обуславливают формирование кислых и слабокислых значений рН воды рек. Следовательно, данный нормативный диапазон значений рН не является подходящим для оценки качества воды рек лесной зоны Западной Сибири.

Цветность. Цветность воды является одним из показателей присутствия растворенного аллохтонного органического вещества. Для исследованных водотоков выявлен значительный размах значений цветности. Особенно заметно это проявляется в период осенней межени, когда было отмечено максимальное среднее значение. Это объясняется прежде всего снижением уровня воды с одновременным концентрированием органического вещества. Несмотря на то, что основная масса аллохтонной органики поступает в водотоки в период половодья с поверхностно-склоновыми водами, в этот период наблюдаются минимальные значения цветности, что подтверждает разбавляющую роль воды в формировании цветности.

Взвешенные вещества (ВВ) в водной толще рек представлены минеральными частицами, нерастворимым органическим веществом, планктонными формами гидробионтов. Наименьшие концентрации ВВ с минимальным разбросом значений получены в период зимней межени, что обусловлено отсутствием взмучивания воды и отсутствием поверхностного питания. Близкое к периоду зимней межени среднее значение концентрации ВВ отмечено в период половодья, что обусловлено разбавляющей ролью воды. Наибольшие концентрации ВВ получены для периода осенней межени, когда для водотоков характерно снижение расхода воды, увеличение количества отмершего органического вещества.

Сухой остаток (СО). Концентрация растворенных веществ в пробах воды в течение периода исследований значительно колебалась. Наибольший разброс значений отмечался в период половодья. Это обусловлено двумя разнонаправленными процессами: с одной стороны, в период половодья большое количество растворенных веществ поступает в водотоки с поверхностно-склоновыми водами, с другой, – в этот период наблюдается максимальный расход воды в реках, что обеспечивает разбавление присутствующих в воде растворенных веществ маломинерализованными талыми и атмосферными водами. Степень вклада этих процессов в формирование значений СО зависит от характеристик конкретной водосборной площади, что и объясняет варьирование значений показателя по акватории исследованного участка. Средние значения концентраций СО за период исследования составили 131-143 мг/дм³. Максимальное среднее значение показателя отмечено в период половодья. Высокие значения СО могут являться хорошим диагностическим признаком состояния водотока, т.к. свидетельствуют о поступлении растворенных солей, в частности хлоридов, которые присутствуют в составе подтоварных вод. Во все гидрологические сезоны выявлены значения СО, не характерные для водотоков данной природно-климатической зоны. Максимальные значения СО были отмечены в пр. Лангепас (половодье), р. Калинина (осенняя и зимняя межень). Значения СО, как абсолютные, так и средние, полученные для сезонов с низким расходом воды, достаточно близки.

Кислород. Сезонная динамика концентрации кислорода в реках четко прослеживается и связана с процессами его поступления и потребления. Максимальные средние значения концентраций растворенного кислорода наблюдались в период половодья. В этот период источником кислорода в воде рек становится атмосферный воздух, богатые кислородом поверхностно-склоновые воды, и, наконец, процессы фотосинтеза, протекающие в водной толще. Однако даже в период половодья в 27,3% проб концентрация кислорода не достигала значений ПДК. Далее к периоду осенней и зимней межени концентрация кислорода в пробах воды закономерно снижается. Минимальное среднее значение отмечено в период зимней межени, когда обогащения воды кислородом не происходит. В 50% проб концентрация кислорода не достигала значений ПДК. В целом для водотоков выявлена характерная картина дефицита кислорода, с максимальным проявлением в период зимней межени, что обусловлено природными причинами.

БПК₅. В течение всего периода исследований в водотоках наблюдалось высокое содержание легкоокисляемых органических веществ. Средние значения показателя превышают ПДК_{вр} в период открытой воды. Максимальные значения БПК₅ отмечены в период половодья, что связано в первую очередь с поступлением в водотоки аллохтонного органического вещества с площади водосбора. С другой стороны, сезонная динамика БПК₅ также определяется температурой воды и начальной концентрацией кислорода, которые лимитируют физиологическую и биохимическую активность микроорганизмов и скорость процесса потребления кислорода на окисление органического вещества.

Перманганатная окисляемость (ПО). Сходная динамика выявлена для значений ПО воды. Максимальные значения отмечены в период половодья, когда увеличение концентраций органического вещества в водотоках связано с их поверхностным питанием. Наибольшая ПО воды зафиксирована в р. Аношкина в период половодья.

Таблица 1

Гидрохимический режим водотоков на территории ЛУНМ Среднего Приобья

Наименование показателя	2003-2006 гг.		
	Половодье (23)	Осенняя межень (10)	Зимняя межень (14)
рН	$\frac{4,55 - 7,43/6,62}{- / 26,1}$	$\frac{4,38 - 7,61/6,21}{- / 50,0}$	$\frac{5,39 - 8,40/6,4}{- / 46,2}$
Цветность, мг/дм ³ Pt/Co	$\frac{125 - 668/359}{- / 35,7}$	$\frac{55 - 630/417}{- / 57,0}$	$\frac{114 - 659/268}{- / 46,2}$
Взвешенные вещества, мг/дм ³	$\frac{< 2,0 - 29,5/10,1}{- / 43,8}$	$\frac{11,2 - 41,7/24,5}{- / 50,0}$	$\frac{5,0 - 24,9/7,5}{- / 16,7}$
Сухой остаток, мг/дм ³	$\frac{11 - 421/143}{- / 35,3}$	$\frac{60 - 197/132}{- / 42,9}$	$\frac{82 - 233/131}{- / 28,6}$
Растворенный кислород, мг/дм ³	$\frac{3,9 - 9,8/6,9}{27,3/45,5}$	$\frac{1,0 - 9,2/4,7}{44,0/55,6}$	$\frac{< 1,0 - 6,9/3,5}{50,0/35,7}$
БПК ₅ , мг/дм ³	$\frac{0,5 - 7,5/2,6}{36,8/21,0}$	$\frac{0,3 - 6,4/2,1}{50,0/50,0}$	$\frac{0,4 - 5,2/2,0}{38,5/38,5}$
Перманганатная окисляемость, мг/дм ³	$\frac{7,78 - 27,56/15,75}{57,1/57,1}$	$\frac{3,56 - 15,65/9,93}{12,5/62,5}$	$\frac{0,48 - 15,60/9,18}{7,1/57,1}$
Железо общее, мг/дм ³	$\frac{0,13 - 16,0/4,92}{100/37,5}$	$\frac{0,18 - 4,61/2,76}{100,0/44,4}$	$\frac{0,65 - 8,50/3,04}{100,0/42,9}$
Хлориды, мг/дм ³	$\frac{< 1,0 - 122,7/19,5}{- / 39,1}$	$\frac{< 1,0 - 113,4/46,2}{- / 50,0}$	$\frac{< 1,0 - 53,3/19,2}{- / 35,7}$
Азот аммонийный, мг/дм ³	$\frac{0,25 - 2,42/1,14}{87,0/43,5}$	$\frac{0,11 - 2,89/1,41}{87,5/37,5}$	$\frac{0,28 - 3,15/1,78}{92,9/42,9}$
Азот нитритов, мг/дм ³	$\frac{< 0,020 - 0,045}{13,0/-}$	$\frac{< 0,020 - 0,183}{62,5/-}$	$\frac{< 0,020 - 0,053}{35,7/-}$
Азот нитратов, мг/дм ³	$\frac{< 0,10 - 0,45/0,13}{- / 43,5}$	$\frac{< 0,10 - 0,72/0,34}{- / 42,9}$	$\frac{< 0,10 - 0,63/0,14}{- / 35,7}$
Фосфаты, мг/дм ³	$\frac{< 0,05 - 0,33/0,15}{10,0/50,0}$	$\frac{< 0,05 - 0,21/0,06}{- / 37,5}$	$\frac{0,09 - 2,59/0,96}{64,3/28,6}$
Нефтепродукты, мг/дм ³	$\frac{0,01 - 0,16/0,04}{15,8/47,4}$	$\frac{0,03 - 0,75/0,18}{50,0/16,7}$	$\frac{0,02 - 0,27/0,13}{85,7/50,0}$
Фенолы, мг/дм ³	$\frac{0,002 - 0,003/0,0025}{- / 33,3}$	<0,0005	<0,0005-0,0010
АПАВ, мг/дм ³	$\frac{< 0,015 - 0,080/0,020}{- / 33,3}$	$\frac{0,050 - 0,122/0,078}{12,5/37,5}$	$\frac{< 0,015 - 0,095/0,013}{- / 100,0}$

Примечания к таблице:

В скобках в «шапке» таблицы указано количество проанализированных проб.

В числителе приведены минимальное и максимальное значения показателя / среднее значение; в знаменателе – процент проб, превышающих ПДК_{вр} / процент проб, превышающих среднее значение показателя.

Железо является типоморфным элементом в таежных ландшафтах. Подвижное в кислой среде, оно легко мигрирует в водотоки в составе органоминеральных комплексных соединений с поверхностно-склоновыми водами. Это объясняет столь высокое содержание общего железа в исследованных реках. В 100,0% проб содержание железа превышает ПДК_{вр}. В период половодья и зимней межени выявлены водотоки, в которых концентрация общего железа составляет более 100 ПДК_{вр}. Максимальное абсолютное значение концентрации общего железа, зафиксировано в период половодья и достигает 16 мг/дм³. Следовательно, установленный норматив ПДК_{вр} (0,1 мг/дм³) не является подходящим критерием оценки качества воды водотоков. Средняя концентрация общего железа в разные гидрологические сезоны варьировала в диапазоне 2,76–4,92 мг/дм³.

Хлориды. Для ненарушенных участков водотоков таежной зоны Западной Сибири характерно невысокое содержание хлорид-ионов. Так, до начала нефтяного освоения территории содержание хлоридов в Оби составляло менее 10 мг/л [12-14]. Основным источником поступления хлоридов в речную сеть являются высокоминерализованные пластовые воды апт-сеноманского водоносного комплекса, которые извлекаются на поверхность при бурении скважин и добыче нефти. В случае аварийной ситуации хлоридное загрязнение сопровождается нефтяное, но проявляется более выражено, так как хлорид-ионы обладают прекрасной растворимостью и мало сорбируются взвешенными частицами. Следовательно, значительное увеличение концентрации хлоридов в воде рек может служить чувствительным индикатором техногенной нагрузки. В исследованных водотоках максимальное среднее значение (46,2 мг/дм³) отмечено в период осенней межени, это несколько выше концентраций, характерных для рек данной территории. Максимальное абсолютное значение было зарегистрировано в период половодья и составило 122,7 мг/дм³. Причем этот максимум был зафиксирован в пр. Лангепас, в которой отмечался максимум СО. То есть предположение об определяющем вкладе хлоридов в состав СО было верным. Максимальные значения концентраций хлорид-ионов были отмечены также в пр. Глухая (осенняя межень) и р. Калинина (зимняя межень). Однако ни в одной пробе воды не было отмечено превышения ПДК_{вр} (300 мг/дм³). Это

свидетельствует о неэффективности данного норматива для оценки качества воды рек Среднего Приобья. Во все гидрологические сезоны значительную долю составили пробы, в которых концентрация хлоридов не превышала 1 мг/дм³.

Минеральные формы азота. Для рек с заболоченными водосборами характерно высокое содержание восстановленных форм минерального азота. Так, максимальное среднее значение концентрации аммонийного азота было зарегистрировано в период зимней межени (когда в реках максимально проявляется дефицит кислорода) и составило 1,78 мг/дм³. В 87,0-92,9% проб содержание аммонийного азота превышало ПДК_{вр}. Кратность превышения достигала 10 раз. Это явление обусловлено окислительно-восстановительной обстановкой в таежных ландшафтах с характерным дефицитом кислорода, необходимого для процессов нитрификации.

Данный факт подтверждается присутствием в 13,0-62,5% проб воды нитритного азота, накопление которого связано с расходом кислорода на окисление органических веществ и, как следствие, торможением второй стадии нитрификации. Максимальное количество проб, содержащих нитритный азот, отмечено в период осенней межени, когда в процессы окисления в водотоке вовлекается наибольшее количество автохтонного и аллохтонного органического вещества. Причем, поступление в водотоки нефтепродуктов является одной из причин накопления нитритного азота вследствие торможения второй стадии нитрификации. Максимальная концентрация нитритного азота отмечена в р. Минчимкина в период осенней межени.

Высокие концентрации нитратного азота, напротив, не характерны для водотоков Среднего Приобья. В вегетационный период азот нитратов потребляется водной растительностью и фитопланктоном, что обуславливает его низкие концентрации, в период зимней межени его содержание также относительно низкое, опять-таки, вследствие дефицита кислорода. Максимальное содержание нитратного азота в реках закономерно наблюдалось в период осенней межени. Однако, его количество многократно ниже ПДК_{вр}.

Фосфаты. Присутствие фосфат-ионов в воде рек обусловлено, с одной стороны, процессами трансформации органического вещества, с другой стороны, – поступлением со сточными водами. В период вегетации фитопланктона

концентрация фосфат-ионов в воде низкая, однако в 10% проб превышает ПДК_{вр}. В период зимней межени происходит накопление фосфатов в водотоках, что объясняется максимальной степенью разложения органического вещества и отсутствием потребления минерального фосфора гидробионтами. Антропогенное происхождение фосфатов в водотоках связано с его использованием в составе моющих средств и компонентов буровых растворов.

Анионактивные поверхностно активные вещества (АПАВ) поступают в водотоки исключительно со сточными водами, как промышленными – от технологических процессов НГК, так и хозяйственно-бытовыми. Следовательно, присутствие даже минимальных количеств АПАВ в воде рек является свидетельством антропогенной нагрузки. В исследованных водотоках максимальное содержание АПАВ отмечалось в период осенней межени в р. Почекуйка, наблюдалось незначительное превышение ПДК_{вр}. Во все гидрологические сезоны выявлены пробы, содержание АПАВ в которых было ниже предела обнаружения аналитической методики, причем в зимней межени количество таких проб составило 71,4%.

Нефтепродукты являются основным видом загрязнения поверхностных вод на территории Среднего Приобья. Их поступление в водные объекты возможно как в режиме нормальной эксплуатации объектов НГК, так и в аварийных ситуациях. Известна определенная корреляция концентраций нефтепродуктов в поверхностных водах с уровнем аварийности на территории водосборов [14]. В последние годы вследствие снижения аварийности отмечено некоторое уменьшение концентрации нефтепродуктов в водотоках. В исследованных водотоках минимальная концентрация нефтепродуктов выявлена в период половодья. Несмотря на то, что в этот период с площади водосбора поступает большое количество загрязняющих веществ, в том числе нефтепродуктов, сказывается разбавляющая роль огромных массивов питающей реки воды. В период половодья средняя концентрация нефтепродуктов в воде не превышает ПДК_{вр}. Выявлено 15,8% проб, в которых концентрация нефтепродуктов превышает ПДК_{вр}. Максимальная концентрация зафиксирована в р. Почекуйка. В период осенней и зимней межени, когда расход воды в реках минимален, наблюдается увеличение содержания нефтепродуктов. В эти

гидрологические сезоны в 50,0-85,7% проб отмечено превышение ПДК_{вр} нефтепродуктов, максимальная кратность превышения составила 15 раз. В периоды осенней и зимней межени средние значения концентраций нефтепродуктов в реках также превышают ПДК_{вр}. Максимальные значения концентраций отмечены в рр. Почекуйка (осенняя межень) и Тромъеган (зимняя межень).

Фенолы. Присутствие в водотоках фенолов обусловлено как природными особенностями заболоченных водосборных территорий, так и их поступлением от объектов нефтедобычи в составе нефтесодержащих сточных вод. Несмотря на небольшой объем исследований, следует отметить, что максимальное содержание фенолов в воде рек отмечалось в период половодья, когда их поступление осуществляется с поверхностно-склоновыми водами. В период осенней межени фенолы в пробах обнаружены не были. Ни в одной из исследованных проб не было отмечено превышения ПДК_{вр} фенолов.

Комплексная оценка состояния водотоков по гидрохимическим показателям. Для обобщения большого количества цифровой информации в практику мониторинга водных объектов включены комплексные показатели (индексы) состояния водоема. На сегодняшний день их насчитывается достаточно большое количество. В основу большинства индексов положены нормативы ПДК. Однако для водотоков таежной зоны Западной Сибири такой подход не является приемлемым, так как природный фон по некоторым показателям химического состава многократно превышает ПДК (общее железо) или напротив гораздо ниже ПДК (хлориды, нитраты). К тому же некоторые показатели, несущие ценную диагностическую информацию о состоянии водотока, не имеют нормативов ПДК_{вр} (сухой остаток, взвешенные вещества). Следовательно, оценка уровня загрязнения по такому индексу не будет отражать реального состояния водной экосистемы.

Индекс I_{wg} , который использован для оценки состояния водотоков в данной работе, рассчитан на основе статистической обработки результатов химических анализов. В массив данных для статистической обработки были включены результаты исследований не только водотоков на территории ЛУНМ, но и

водотоков на территории населенных пунктов и относительно ненарушенных участков рек.

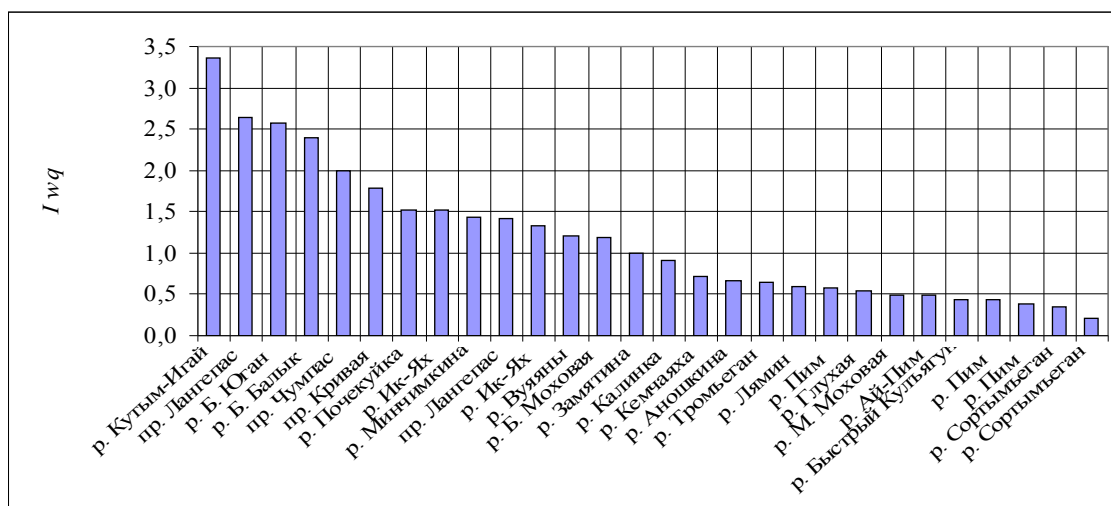


Рисунок 2. Индексы качества воды исследованных водотоков

На рис. 2 четко прослеживается разброс значений I_{wq} исследованных водотоков. К классу «чистых» отнесены 7 водотоков, наименьшие значения индексов получены для левобережного водотока Сортымьеган. К классу «относительно чистых» отнесены 8 водотоков, в т.ч. 2 фоновых (пр. Лямин и Кемчаяха), к классу «умеренно загрязненных» – 5 водотоков, в т.ч. 1 фоновый (р. Вуяны, ГПЗ «Юганский»), к классу «загрязненных» – 4 водотока, к классу «сильно загрязненных» – 4 водотока. Наибольший уровень загрязнения выявлен для правобережной протоки Лангепас, левобережных рек Кутым-Игай, Б. Балык. Несмотря на небольшую долю левобережных водотоков в составе исследованных рек, в целом для них характерны более высокие значения I_{wq} . Низкие значения отмечены для средних правобережных водотоков (пр. Пим, Лямин), класс качества воды которых характеризуется как «чистые – относительно чистые».

Структура микробных сообществ водотоков ЛУНМ. Важнейшими процессами в водоемах являются процессы круговорота органического вещества и биогенных элементов (углерода, азота, фосфора), обусловленные в значительной степени жизнедеятельностью микроорганизмов. Редуцируя органическое вещество, микроорганизмы участвуют в процессах самоочищения водоемов. В природных водоемах микроорганизмы способны разрушать

органические соединения естественного происхождения (белки, целлюлозу, гумусовые соединения, фенолы и др.), а также некоторые вещества антропогенного происхождения (ПАВ, полимеры, нефтепродукты). В случае антропогенного загрязнения водного объекта вода обогащается специфическими эколого-трофическими группами микроорганизмов, использующими в процессах жизнедеятельности загрязняющие вещества. На этом явлении основаны приемы микробиологической индикации загрязнения водной среды. Для оценки роли микроорганизмов в поддержании гомеостаза водных экосистем, биоиндикации загрязнения, изучения интенсивности процессов самоочищения необходимо получить сведения о качественной и количественной структуре микробного сообщества и его функциональной активности [15].

Наибольшая функциональная активность микрофлоры в водотоках наблюдается в период открытой воды, поэтому в данной работе в качестве примера продемонстрирована структура микробного сообщества в период половодья (табл. 2).

ОМЧ является показателем количества мезофильных, мезотрофных аэробов и факультативных анаэробов, утилизирующих легкоокисляемые органические соединения и культивируемых при температуре 37°C. Для периода половодья наблюдались значительные колебания ОМЧ: от 0,16 тыс. до 60,00 тыс. кл./мл. Наибольшая численность наблюдалась в водотоках, принимающих организованный сброс сточных вод: в бассейне р. Калинка расположены нефтебаза и газоперерабатывающий завод, в р. Глухая сбрасываются очищенные стоки завода стабилизации конденсата. Высокая обсемененность также наблюдалась в рр. Быстрый Кулягун, Ик-Ях (КС 42), Минчимкина, Почекуйка.

Сапрофитные гетеротрофные бактерии (СБ) также осуществляют процессы деструкции легкоокисляемых органических соединений, тем самым участвуют в круговороте органического вещества и самоочищении водоемов. Культивирование СБ осуществляли при 25°C. Численность бактерий данной эколого-трофической группы является показателем их активности в водотоке. Этот показатель для исследованных рек также значительно варьирует: от 0,22 тыс. до 46,00 тыс. кл./мл. Причем пики численности совпадают с пиками значений общего микробного числа (рр. Калинка, Глухая, Ик-Ях). Однако, для рр.

Сортымъеган и Аношкина, в которых также выявлена высокая обсемененность бактериями данной группы, это совпадение не отмечено. Имея одинаковые требования к питательным субстратам, бактерии этих групп имеют различный температурный оптимум, т.е. микроорганизмы, формирующие показатель ОМЧ, с большой долей вероятности могут попадать в водные объекты в составе фекальных сточных вод, поступление которых в рр. Сортымъеган и Аношкина не происходит.

Таблица 2

Эколого-трофические группы бактерий в водотоках ЛУНМ
в период половодья

Номер КС	Водоток	Численность бактерий, тыс. кл./мл						K _м
		ОМЧ	СБ	БГКП	ФРБ	ФБ	НБ	
5	р. Б. Моховая	0,16	1,80	0,00	0,00	0,00	1,40	0,78
6	р. М. Моховая	3,00	0,74	0,02	0,00	0,00	0,00	-
9	р. Почекуйка	8,07	2,33	1,00	0,02	0,00	0,58	0,25
17	р. Калинина	60,00	10,54	0,04	0,00	0,00	0,00	-
19	пр. Глухая	27,55	46,00	1,50	0,00	0,00	0,00	-
21	р. Минчимкина	8,00	0,58	0,02	0,11	4,00	1,20	2,07
22	р. Быстрый Кульягун	13,67	0,96	0,00	0,21	0,37	1,34	1,40
23	р. Аношкина	0,21	9,08	0,11	0,20	0,00	2,50	0,28
24	р. Кемчаяха	1,74	1,31	0,06	0,80	0,48	0,83	0,63
25	р. Ай-Пим	0,14	0,45	0,00	0,10	0,08	6,99	15,50
26	р. Пим	3,52	1,53	0,06	4,90	0,00	0,34	0,22
28	р. Пим	1,62	1,67	0,00	0,20	0,10	1,88	1,13
29	р. Пим	0,67	7,00	0,08	0,40	1,59	6,45	0,92
36	р. Большой Юган	2,86	1,02	0,17	0,00	0,00	0,00	-
37	р. Сортымъеган	0,00	2,80	0,03	6,95	0,00	2,00	0,71
38	р. Сортымъеган	0,70	18,00	0,02	0,54	0,00	16,00	0,89
42	р. Ик-Ях	13,00	13,00	0,52	6,80	0,00	2,00	0,15
43	р. Ик-Ях	0,70	18,00	0,02	0,54	0,00	16,00	0,89

Примечание к таблице: если в группах СБ или НБ не наблюдалось роста колоний на питательных средах, то K_м не рассчитывали.

Согласно классификации В.Н. Жукинского с соавт. [16], по численности сапрофитных гетеротрофных бактерий исследованные водотоки относятся к следующим классам качества: «предельно чистые» – р. Ай-Пим; «очень чистые» – М. Моховая, Минчимкина, Быстрый Кульягун; «чистые» – Б. Моховая, Почекуйка, Кемчаяха, Пим (КС 26, 28), Б. Юган; «удовлетворительно чистые» – р. Сортымъеган (КС 37); «слабо загрязненные» - рр. Аношкина, Пим (КС 29); «загрязненные» – рр. Ик-Ях, Сортымъеган (КС 38). Полученные классы качества

воды, в целом, совпадают с результатами оценки качества воды по индексу I_{wq} , рассчитанному по гидрохимическим показателям.

Присутствие в водном объекте бактерий группы кишечной палочки (БГКП) является показателем его фекального загрязнения и, следовательно, эпидемиологического неблагополучия. БГКП могут поступать в водные объекты только из кишечника человека и животных, поэтому бактерии данной группы в большом количестве содержатся в сточных водах. БГКП не были выявлены лишь в 4 водотоках (рр. Пим (КС 28), Ай-Пим, Быстрый Кульягун, Б. Моховая). Максимальная численность, отмеченная в р. Глухая, совпадает с пиком значений ОМЧ и СБ.

Согласно вышеупомянутой классификации [16], по численности БГКП исследованные водотоки относятся к следующим классам качества: «предельно чистые» – рр. Пим, Ай-Пим, Быстрый Кульягун, Б. Моховая; «удовлетворительно чистые» – рр. М. Моховая, Калинина, Минчимкина, Сортымъеган, Ик-Ях; «слабо загрязненные» – рр. Кемчаяха, Пим (КС 26, 29); «загрязненные» – рр. Аношкина, Б. Юган; «грязные» – пр. Глухая, р. Почекуйка.

Фенолусваивающие бактерии (ФБ) культивировали на питательной среде, содержащей фенол в качестве единственного источника углерода. Для водоемов характерно большое разнообразие соединений фенольного ряда: фенол, крезолы, ксиленолы, гваякол, тимол, гидрохинон, резорцин, флороглюцин, пирогаллол, нафтолы, пирокахетин. Многие из них относят к группе трудноокисляемых соединений. Происхождение фенолов в реках может быть природным (как аллохтонным – поступление с заболоченных водосборов, так и автохтонным – разложение фитопланктона, высшей водной растительности, затонувшей древесины) [2-4]. Антропогенным источником фенолов в водотоках могут являться ароматические соединения, входящие в состав нефтепродуктов. Численность ФБ является индикатором присутствия в водотоке фенолсодержащих соединений. При изучении содержания фенолов химическими методами не было выявлено значительных концентраций. Численность ФБ также не высока в большинстве исследованных водотоков. В 12 водотоках ФБ обнаружены не были, в 4 – их численность составила менее 1000 кл./мл. Лишь в р. Пим (КС 29) количество ФБ достигло 1,59 тыс. кл./мл.

Завершающим тестом на присутствие в воде соединений фенольного ряда явилось культивирование фенолрезистентных бактерий из числа СБ, которые выращивались на богатых органическим веществом питательных средах с добавлением фенола (1 г фенола на дм^3 среды). Фенольные соединения могут являться не только источником питания для бактерий, но и токсичным реагентом, лимитирующим их численность. Доля ФРБ от числа СБ варьировала в разных водотоках от 1 до 100%. В 5 водотоках ФРБ обнаружены не были (рр. Б. Моховая, М. Моховая, Калинина, Глухая, Б. Юган). В 10 КС их численность составила менее 1 тыс. кл./мл. Максимальная численность ФРБ выявлена в рр. Пим (КС 26), Сортимъеган, Ик-Ях.

Микроорганизмы, утилизирующие полимерные соединения и потребляющие аммонийный азот осуществляют процессы нитрификации в водотоках (НБ). Численность НБ свидетельствует о содержании полуразложившихся органических остатков, вовлеченных в процесс аммонификации. Наибольшая численность НБ была отмечена в рр. Ай-Пим, Пим, Сортимъеган, Ик-Ях. Бактерии данной группы не были выявлены в рр. М. Моховая, Калинка, Глухая, Б. Юган. Это может являться показателем как высокой степени качества воды (ведь процессы самоочищения начинают интенсивно протекать в водотоке в ответ на органическое загрязнение), так и очень высокой степени загрязнения. Следовательно, одного показателя численности НБ недостаточно, чтобы судить об интенсивности процессов самоочищения, протекающих в водном объекте.

Для объективной характеристики потенциала самоочищения рассмотрим значения коэффициента минерализации органического вещества K_m . Наибольшим потенциалом самоочищения обладают воды р. Ай-Пим. Это можно объяснить сформировавшимся гидрохимическим режимом, на фоне которого в отсутствие серьезных аварийных ситуаций деструкция органического вещества будет преобладать над его продукцией (включая поступление аллохтонного органического вещества), что обеспечит сохранение определенного уровня трофности и экологического равновесия водной экосистемы. Большинство водотоков имеют коэффициенты самоочищения меньше единицы, что является следствием малой доли НБ в структуре микробного сообщества и свидетельствует

о накоплении трудноминерализуемых промежуточных продуктов деструкции органического вещества и низкой интенсивности самоочищения. Наименьшие значения коэффициентов минерализации получены для р. Почекуйка, в которой наблюдались максимальные значения концентраций нефтепродуктов и АПАВ; р. Аношкина, в которой выявлен максимум ПО; р. Ик-Ях, в которой высока численность как НБ, так и СБ, т.е. процессы самоочищения происходят, но их интенсивность не достаточна, т.к. этот водоток относится к категории «загрязненных»; верховьях р. Пим (КС 26), на водосборе которой не отмечено интенсивной антропогенной нагрузки, водоток относится к категории «чистых», следовательно, процессы самоочищения замедлены.

Хорошим диагностическим признаком уровня загрязнения водного объекта является соотношение числа грамположительных (Г+) и грамотрицательных (Г-) форм бактерий. В незагрязненных водоемах преобладают Г+ формы бактерий, увеличение доли Г- форм свидетельствует об антропогенной нагрузке на водный объект [17]. Во всех исследованных водотоках, за исключением рр. Почекуйка и Ай-Пим, доминировали Г+ формы (рис. 3). В рр. Глухая и Лямин все изолированные колонии относились к Г+. Большая доля Г- форм (более 30%) от числа изолированных бактерий выявлена в рр. Б. Моховая (ниже сброса сточных вод г. Федоровский), Замятина, Почекуйка, Ай-Пим, Сортымъеган (КС 38 – выход с месторождения), Ик-Ях (КС 42, ниже впадения притока). Максимальная доля Г- бактерий была выделена из р. Ай-Пим, что, вероятно, может объясняться высокой численностью нитрифицирующих бактерий [18].

Индикатором уровня органического загрязнения водного объекта также является соотношение морфологических форм бактерий. Так, на завершающих стадиях распада органического вещества в водоеме преобладают кокковидные бактерии, высокая численность палочковидных форм бактерий свидетельствует о большом количестве труднорастворимого органического вещества [19].

Так, доля палочковидных форм бактерий от общего числа изолированных колоний (рис. 4) составила от 8% (р. Б. Юган) до 75% (р. Пим, КС 28). Значительная доля кокковидных форм бактерий (более 60 %) была выявлена в рр. Б. Моховая, Замятина, Аношкина, Лямин, Б. Юган, Сортымъеган (КС 37), Б. Балык. Причем, значения коэффициента минерализации, полученные для рр. Б.

Моховая, Аношкина и Сортымъеган, также свидетельствуют о малой интенсивности самоочищения. Большое количество палочковидных форм бактерий было выделено из рр. Почекуйка, Минчимкина, Кемчаяха, Пим (КС 28), Ик-Ях (КС 43). В перечисленных водотоках значительную долю среди выделенных бактерий составляли Г+ формы, численность БГКП была низкой (за исключением р. Почекуйка), коэффициенты минерализации варьировали в диапазоне 0,25-2,07. Из чего можно заключить, что трудноразлагаемая органика, накопленная в перечисленных реках, имеет природное происхождение. Данное предположение подтверждает присутствие в реках фенолусваивающих бактерий, ведь многие фенольные соединения в водотоках являются промежуточными продуктами трансформации органических соединений, образующимися в процессе самоочищения.

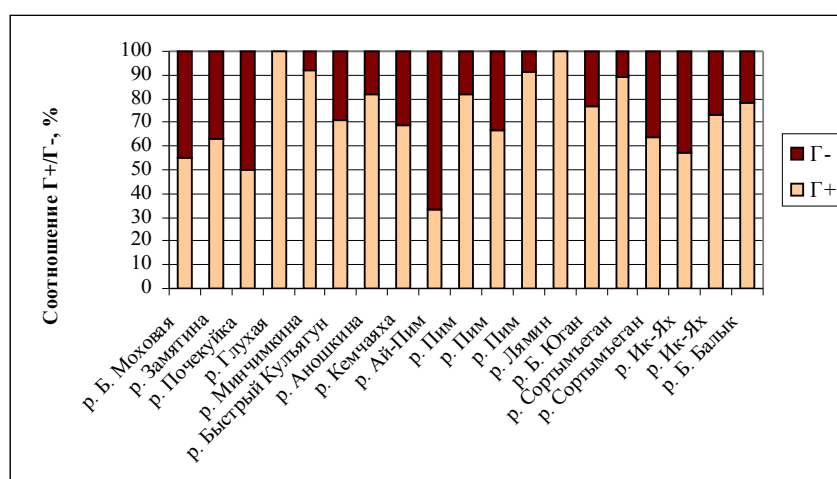


Рисунок 3. Соотношение числа грамположительных и грамотрицательных форм бактерий

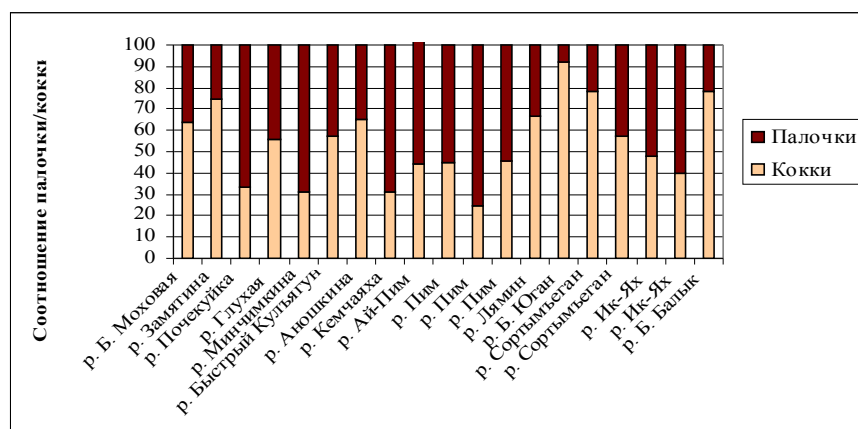


Рисунок 4. Соотношение морфологических форм бактерий

Оценка качества воды методом биотестирования с использованием культур бактерий. Присутствие в воде различных химических соединений в разных концентрациях будет оказывать влияние на скорость прироста бактериальных клеток. На этом принципе основан выбранный метод биотестирования.

В качестве тест-объектов использовали 2 культуры сапрофитных гетеротрофных бактерий, выделенных из исследованных водотоков: р. Пим выше г. Лянтора (КС 29) – правобережный приток Оби с преимущественно техногенной нагрузкой, и р. Б. Юган – левобережный приток со смешанным характером антропогенного воздействия. Значения индексов токсичности проб воды исследованных водотоков представлены на рис. 5. Токсичность тестируемых проб обусловлена как угнетением, так и стимулированием прироста бактериальной биомассы по сравнению с контролем. В качестве контроля использовалась питательная среда без добавления тестируемой воды. Результаты биотестирования, представленные в табл. 3, показали отсутствие токсичности в 6 пробах воды для двух культур-биотестов. 4 пробы были токсичны для обеих культур: рр. Быстрый Кульгун, Ай-Пим, Пим выше пос. Нижний Сортим (КС 26), Сортимъеган (КС 37). Однако проба, отобранная в р. Сортимъеган, вызвала различную реакцию тест-культур: в культуре, выделенной из р. Пим, наблюдалась стимуляция роста, а в культур, выделенной из р. Б. Юган, напротив – угнетение роста по сравнению с контролем.

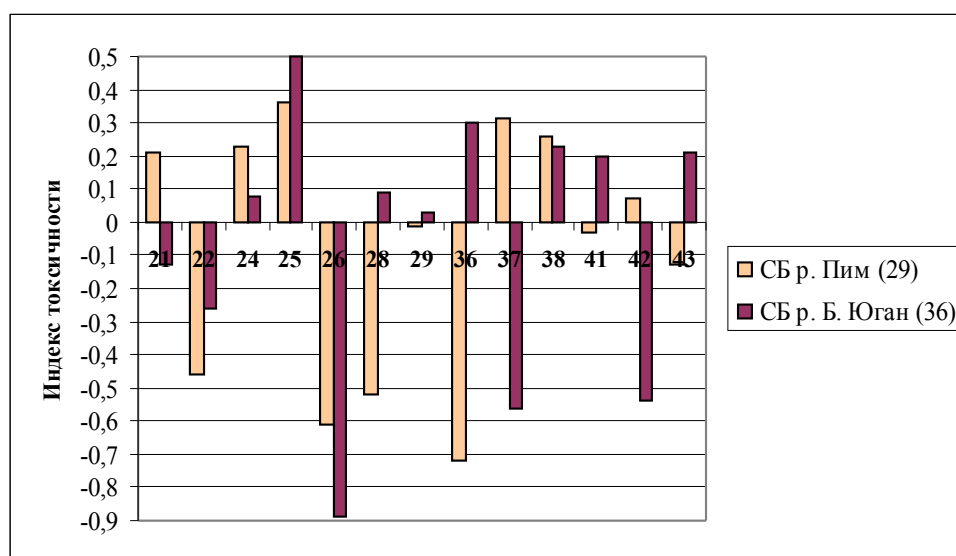


Рисунок 5. Индексы токсичности проб воды исследованных водотоков

Пробы, отобранные из рр. Пим (КС 28) и Б. Юган оказались токсичными для тест-культуры, выделенной из р. Пим, вызвав стимуляцию ее роста, тогда как для тест-культуры, выделенной из р. Б. Юган, эти пробы оказались не токсичными. И наоборот, проба, отобранная из р. Ик-Ях, оказалась токсичной для тест-культуры, выделенной из р. Б. Юган, вызвав угнетение роста, для культуры, выделенной из р. Пим эта проба была не токсичной. Из всего перечня разногласий мы исключаем результат биотестирования пробы, отобранной из р. Б. Юган, с использованием тест-культуры, выделенной из р. Б. Юган.

Таблица 3

Оценка токсичности проб воды по результатам биотестирования

Номер КС	Водоток	Культура-биотест	
		р. Пим (КС 29)	р. Б. Юган
21	р. Минчимкина	не токсична	
22	р. Быстрый Кульгун	токсична (угнетение)	
24	р. Кемчаяха	не токсична	
25	р. Ай-Пим	токсична (стимуляция)	
26	р. Пим	токсична (угнетение)	
28	р. Пим	токсична (угнетение)	не токсична
29	р. Пим	не токсична	
36	р. Большой Юган	токсична (угнетение)	не токсична
37	р. Сортымъеган	токсична (стимуляция)	токсична (угнетение)
38	р. Сортымъеган	не токсична	
41	р. Кутымигай	не токсична	
42	р. Ик-Ях	не токсична	токсична (угнетение)
43	р. Ик-Ях	не токсична	

Таким образом, в 11 пробах из 13 исследованных результаты биотестирования с использованием двух тест-культур бактерий, изолированных из разных водотоков, совпадали. Однако угнетение роста бактерий наблюдалось, как правило, в пробах воды, в которых значения ОМЧ были достаточно высокими. Это позволяет предположить, что снижение скорости прироста плотности бактериальной суспензии по сравнению с контролем происходит не только (а, возможно, и не столько) вследствие токсичности пробы, но может быть обусловлено явлением антагонизма в микробоценозе. Возможно, данный метод биотестирования дает сигнал о неудовлетворительном качестве воды не только по причине присутствия токсичных веществ, но и по причине ее высокого бактериального загрязнения.

Выводы

Короткое лето, особенности гидрологического режима (длительный ледостав, растянутое весеннее-летнее половодье, преимущественно снеговое питание с заболоченных водосборов) определяют гидрохимические особенности рек таежной зоны Западной Сибири: высокая цветность, кислые значения pH, высокие концентрации аллохтонного органического вещества, соединений железа, дефицит растворенного кислорода.

Хозяйственная деятельность, осуществляемая на водосборах рек, оказывает определенное, иногда значительное влияние на показатели химического состава воды. Наиболее показательными для индикации антропогенной нагрузки на водные экосистемы в пределах ЛУНМ являются хлориды, сухой остаток, нефтепродукты и pH.

Исследованные водотоки ЛУНМ по значениям индексов качества воды были отнесены к категориям «чистые» – «сильно загрязненные». Состояние преимущественного числа исследованных водотоков весьма благополучно (1-3 класс). Наименьший уровень загрязнения выявлен для средних правобережных притоков Оби. Для левобережных водотоков характерны более высокие значения I_{wq} .

Наибольшие значения ОМЧ и СБ наблюдались на участках водотоков, в которые осуществляется организованный сброс сточных вод. По численности гетеротрофных сапрофитных бактерий качество воды преимущественного числа водотоков может быть признано удовлетворительным. В большинстве водотоков обнаружены индикаторы фекального загрязнения. Наиболее загрязненной по бактериологическим показателям является вода р. Глухая.

Большинство исследованных водотоков имеет низкие значения коэффициентов минерализации и характеризуется низким потенциалом самоочищения, что подтверждается присутствием в пробах фенолусваивающих и фенолрезистентных бактерий.

В структуре микробных сообществ большинства водотоков доминировали Г+ и кокковидные бактерии. Значительная доля Г- бактерий (более 30%) отмечена в 32% проб. Преобладание палочковидных форм бактерий выявлено в 47% проб. Водотоки, в пробах которых преобладали палочковидные формы бактерий,

характеризовались достаточно высоким потенциалом самоочищения, однако для них характерно накопление промежуточных соединений трансформации органического вещества.

По результатам биотестирования выявлены 7 токсичных проб воды. Реакция тест-культур, определяющая токсичность пробы, в некоторых случаях оказывалась противоположной. Угнетение роста тест-культуры наблюдалось преимущественно в пробах с высокой численностью гетеротрофных бактерий (ОМЧ и СБ) и, возможно, было вызвано не только токсичностью пробы, но и явлением антагонизма бактерий.

Литература

1. Михайлов С.А. Диффузное загрязнение водных экосистем. Методы оценки и математические модели: Аналитический обзор / СО РАН. ГПНТБ. Ин-т водных и экол. проблем. – Барнаул: День, 2000. – 130 с.
2. Шорникова Е.А. Роль диффузного загрязнения в формировании гидрохимического режима поверхностных водотоков широтного отрезка Средней Оби // Экологический вестник Югории. – 2004, т. 1. – № 1-2. – С. 28-41.
3. Солнцева Н.П. Добыча нефти и геохимия природных ландшафтов. – М.: Изд-во МГУ, 1998. – 376 с.
4. Лезин В.А. Реки Ханты-Мансийского автономного округа: Справочное пособие. – Тюмень: Изд-во «Вектор Бук», 1999. – 160 с.
5. Иоганзен Б.Г. Рыбохозяйственные районы Западной Сибири и их биолого-промысловая характеристика // Развитие рыбной промышленности Западной Сибири и проблемы гидробиологии: 3-я науч. конф. – Тр. Томск. гос. ун-та. – Сер. биол. – Т. 125. – Томск: Изд-во Томск. гос. ун-та, 1953. – С. 7-44.
6. Булатов А.И., Макаренко П.П., Шеметов В.Ю. Справочник инженера-эколога нефтегазодобывающей промышленности по методам анализа загрязнителей окружающей среды. Ч. 1. Вода. – М.: Недра, 1999. – 732 с.
7. Башмакова И.Х. Экологические индексы для оценки уровня загрязненности водоемов на примере Килийской дельты Дуная // Гидробиол. журн. – 2004. – Т. 40, № 3. – С. 76-82.

8. Шорникова Е.А. Методические рекомендации по планированию, организации и ведению мониторинга поверхностных водотоков. – Сургут: Изд-во СурГУ, 2007. – 80 с.
9. Родина А.Г. Методы водной микробиологии: Практическое руководство. – Л.: Наука, 1965. – 364 с.
10. Экология микроорганизмов пресных водоемов: Лабораторное руководство / В.И. Романенко, С.И. Кузнецов. – Л.: Наука, 1974. – 194 с.
11. Микроорганизмы в экосистемах Приамурья / Л.М. Кондратьева, Л.А. Гаретова, Е.Л. Имранова, О.А. Кириенко, Л.М. Чухлебова, Е.А. Каретникова. – Владивосток: Дальнаука, 2000. – 198 с.
12. Ресурсы поверхностных вод СССР. Алтай и Западная Сибирь. Средняя Обь / Под ред. Н.А. Паниной – Том 15. Вып. 2. – Л.: Гидрометеиздат, 1972. – 45с.
13. Уварова В.И. Современное состояние уровня загрязнения воды и грунтов некоторых водоемов Обь-Иртышского бассейна // Изучение реки Оби и ее притоков в связи с хозяйственным освоением Западной Сибири: Сб. науч. тр. ГосНИОРХ. – Вып. 305. – Л., 1989. – С. 23-33.
14. Михайлова Л.В. Современный гидрохимический режим и влияние загрязнений на водную экосистему и водное хозяйство Обского бассейна (обзор) // Гидробиол. журн. – 1991. – Т. 27, № 5. – С 80-88.
15. Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений / Под ред. В.А. Абакумова. – Л.: Гидрометеиздат, 1983. – 218 с.
16. Жукинский В.Н., Оксийок О.П., Олейник Г.Н., Кошелева С.И. Принципы и опыт построения экологической классификации качества поверхностных вод суши // Гидробиол. журн. – 1981. – Т. 17, № 2. – С. 38-39.
17. Перетрухина А.Ф. Микробиологический мониторинг водных экосистем Кольского Заполярья: Автореф. дис. ... д.б.н. – М., 2002. – 60 с.
18. Кочемасова, З.Н. Санитарная микробиология и вирусология / З.Н. Кочемасова, А.М. Рыбакова. – М.: Медицина, 1987. – 352 с.
19. Мамонтова Л.М. Основы микробиологического мониторинга водных экосистем и контроля питьевой воды: Автореф. дис. ... д.б.н. – Иркутск, 1998. – 40 с.