

Определение содержания нефтепродуктов и токсичности воды в р. Енисей и его притоках в черте Красноярска в разные сезоны года

М.В. Сентюрова^а, А.Н. Вишняков^б

Институт нефти и газа Сибирского федерального университета, пр. Свободный 82, Красноярск, Россия

^аmasha.sent@mail.ru, ^бlex123@kraslan.ru

Статья поступила 19.12.2015, принята 20.01.2016

Исследована сезонная и территориальная динамика токсичности природных вод р. Енисей и его притоков в черте Красноярска. Исследования проводились по методике ПНД Ф 14.1:2:4.16-09/16.1:2.3:3.14-09 «Методика определения токсичности питьевых, природных и сточных вод, водных вытяжек из почв, осадков сточных вод и отходов по изменению относительного показателя замедленной флуоресценции культуры водоросли хлорелла (Chlorella vulgaris Beijer)». Установлено, что токсичность природных вод зависит не только от их месторасположения (т. е. близости к источнику загрязнения), но и от сезона года. Для определения массовой концентрации нефтепродуктов в исследуемых пробах природной воды проводились анализы на основании ПНД Ф 14.1:2:4.128-98 «Количественный химический анализ вод». В пробах, отобранных в осенний период, отмечаются большие концентрации нефтепродуктов по сравнению с весенним периодом, что объясняется ливневыми смывами с дорог, а также активным периодом навигации. Химический анализ в совокупности с биотестированием позволил выделить условно чистые и условно грязные районы в акватории р. Енисей и его малых притоков в черте Красноярского промышленного района. Полученные результаты имеют большое практическое значение для накопления статистических данных о состоянии р. Енисей, а также для прогнозирования нагрузки на экосистему реки в разные сезоны года.

Ключевые слова: Chlorella vulgaris; биотестирование; концентрация; химический анализ; нефть; нефтепродукты; токсичность; природные воды; р. Енисей; флуоресценция; ОПЗФ.

Determination of oil products and water toxicity in the Yenisey River and its tributaries within the Krasnoyarsk city boundaries in different seasons

M.V. Sentyurova^а, A.N. Vishnyakov^б

Siberian Federal University, Oil and Gas Institute; 82, Svobodny Ave., Krasnoyarsk, Russia

^аmasha.sent@mail.ru, ^бlex123@kraslan.ru

Received 19.12.2015, accepted 20.01.2016

The article deals with the research results for determination of water toxicity in the Yenisey river and its tributaries within the Krasnoyarsk city boundaries. Seasonal and territorial dynamics of the toxicity for natural water was studied. The studies were conducted by the method of PND F 14.1:2:4.16-09/16.1:2.3:3.14-09 «Method for determining the toxicity of drinking, natural and sewage water, water extracts from soils, sewage sludge and waste water by changing the relative index of delayed fluorescence of culture of algae Chlorella (Chlorella vulgaris Beijer)». It was found out that water toxicity depends not only on the location (proximity to the source of contamination) but also on the time of year. To determine the mass concentration of oil in the tested samples of natural water, analyzes were performed based on the PND F 14.1:2:4.128-98 «Quantitative chemical analysis of water». In the samples collected in the autumn large concentrations of oil products compared to the spring period can be observed, due to storm water run-off from roads, as well as an active period of navigation on the river. Both chemical analysis and biotesting allowed allocating relatively clean and dirty areas in the waters of the Yenisei River and its small tributaries within the boundaries of Krasnoyarsk industrial region. This research results are of great practical importance to accumulate statistical data on the state of the Yenisey River, as well as to predict the load on the river ecosystem in different seasons.

Key words: Chlorella vulgaris; biotesting; concentration; chemical analysis; oil; oil products; toxicity; natural water; the Yenisei River; fluorescence.

Введение

В последние десятилетия на обширных территориях зарегистрированы значительные уровни загрязнения природных вод, определяемые антропогенной деятельностью [1].

Красноярск — это индустриальный центр Красно-

ярского края и Сибири. Вода в большинстве водных объектов относится к III или IV классу качества и оценивается как грязная или очень грязная, а сбросы сточных вод — к классу недостаточно очищенных [2].

Загрязнение поверхностных вод связано прежде всего с поступлением загрязненных сточных вод в ре-

зультате ведения хозяйственной деятельности [3]. Сточные воды при сбросе в р. Енисей, как правило, не обеззараживаются. С очищенными сточными водами за год поступает около 21 тыс. т токсичных веществ [4]. Одним из путей загрязнения поверхностных вод является также поступление загрязняющих веществ из атмосферы с осадками и пылью.

В Красноярском крае в границах Енисейского бассейнового округа возможно поступление в водные объекты загрязняющих веществ, содержащихся в пылегазовых выбросах крупных предприятий (ОАО «РУСАЛ Красноярск», ООО «Енисейский ЦБК», предприятия Норильского промышленного района и др.) и в автомобильных выхлопах, которые оседают на растения, почву, снежный покров и пр. и затем, при отводе талых и ливневых вод, попадают в водные объекты [2].

Основной вклад в загрязнение реки на территории Красноярского края вносят соединения меди, цинка, марганца, железа и нефтепродуктов [2].

В связи с активной разработкой в Красноярском крае Ванкорского и Юрубчено-Тахомского нефтяных месторождений увеличивается загрязнение р. Енисей нефтепродуктами. Кроме того, на территории Красноярска имеются нефтебаза и речное пароходство, которые также вносят вклад в загрязнение Енисея.

Оценка загрязнения окружающей среды (воды, почвы, воздуха) производится главным образом на основе результатов химического анализа. Однако из-за огромного разнообразия загрязняющих веществ, источников и выбросов, а также сложности и высокой стоимости химических анализов практически невозможно организовать эффективный экологический мониторинг средствами аналитической химии [5]. В выявлении антропогенного загрязнения среды наряду с химико-аналитическими методами находят применение приемы экологического мониторинга, основанные на оценке состояния отдельных особей, подвергающихся воздействию загрязненной среды, а также их органов, тканей и клеток [6].

В современной системе экологического мониторинга все большую популярность приобретают методы биотестирования, позволяющие получить интегральную оценку воздействия токсикантов на природную среду. По чувствительности, оперативности, биологической значимости и экономичности они существенно превосходят инструментальные методы. Однако для детального исследования влияния загрязняющих веществ на объекты окружающей среды необходимо также знать их содержание, определяемое с помощью физико-химического анализа [7].

Цель настоящей работы заключается в определении содержания нефтепродуктов и токсичности воды в р. Енисей и его притоках в черте Красноярска в разные сезоны года.

Материалы и методы. В качестве объекта исследования использовалась культура водоросли *Chlorella vulgaris* Beijer. Штамм является термофильным (оптимальная температура для выращивания 36 °С), благодаря чему интенсивное выращивание культуры может проводиться без соблюдения стерильных условий [8].

При проведении опытов, а также для выращивания накопительной культуры использовалась питательная

среда Тамия. Среда, растворы солей и микроэлементов готовились на дистиллированной воде.

Культура водоросли выращивалась при постоянной температуре 36 °С и интенсивности света 60 Вт/м² в культиваторе КВ-05 в соответствии с методикой [9]. Пересев культуры в свежую среду производился один раз в сутки. При таких условиях выращенная культура являлась альгологически чистой и находящейся в экспоненциальной стадии роста. Суточный прирост культуры водоросли, измеряемый по оптической плотности суспензии с помощью прибора ИПС-03, достигал 20-кратной величины.

Оценка токсичности исследуемых природных вод проводилась через измерение физиологической активности тест-объекта путем регистрации ЗФ хлорофилла на приборе «Фотон 10». Исследования проводились по методике ПНД Ф 14.1:2:4.16-09/16.1:2.3:3.14-09 «Методика определения токсичности питьевых, природных и сточных вод, водных вытяжек из почв, осадков сточных вод и отходов по изменению относительного показателя замедленной флуоресценции культуры водоросли хлорелла (*Chlorella vulgaris* Beijer)» [10–12].

Ингибирующее действие природных проб воды на культуру водоросли определяется по изменению интенсивности замедленной флуоресценции при возбуждении вспышками синим светом (480 нм) в двух световых режимах. Длительность световых импульсов в режиме высокого света составляла 20 мс. Импульсы возбуждающего света чередовались с темновыми промежутками продолжительностью 5 мс, в течение которых регистрировалась миллисекундная компонента кривых затухания ЗФв. В режиме низкого света после коротких импульсов светового возбуждения следовали более продолжительные промежутки темноты для обеспечения измерения длительных (секундных) компонент затухания ЗФн. Замедленная флуоресценция регистрировалась в красной области спектра (680–750 нм). Регистрация замедленной флуоресценции суспензии хлореллы производилась в ее индукционных максимумах. Для этого клетки сначала освещали 2–3 сек в режиме высокого света, затем столько же времени — низкого. Воздействие токсикантов на фотосинтез клеток водоросли оценивалось по изменению отношения ЗФв/ЗФн (относительный показатель ОПЗФ) [13].

Элементный химический анализ исследуемых проб воды проводился на базе Испытательного центра ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет» (аттестат аккредитации № РОСС RU.0001.21СБ08).

Для определения массовой концентрации нефтепродуктов в исследуемых пробах природной воды проводились анализы на основании ПНД Ф 14.1:2:4.128-98 «Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений массовой концентрации нефтепродуктов в пробах природных, питьевых, сточных вод флуориметрическим методом на анализаторе жидкости «Флюорат-02» [14].

Для исследования токсичности природных вод пробы отбирались на 10 станциях: станция № 1 — р. Енисей, район нефтебазы, правый берег; станция № 2 — р. Енисей, район торгового центра «Комсомол» — «Стрелка»; станция № 3 — р. Кача, пробы с моста в

районе кольца ул. Брянской; станция № 4 — р. Бугач, район поселка ГЭС; станция № 5 — р. Енисей, о. Отдыха; станция № 6 — р. Енисей, район г. Сосновоборск; станция № 7 — р. Енисей, район пос. Овсянка; станция № 8 — р. Кача, устье (район вантового моста); станция № 9 — р. Енисей, Академгородок (район церкви); станция № 10 — р. Базаиха, устье.

Отбор проб проводился весной (март – апрель) и осенью (сентябрь – октябрь) 2014 г., весной (март – апрель) 2015 г., 10-го и 20-го числа каждого месяца, согласно ГОСТ Р 51592-2000 «Вода. Общие требования к отбору проб» [15].

Обсуждение результатов. Исследование показало, что токсичность речных вод может меняться в широких пределах как с течением времени, так и на различных территориальных участках.

Критерием токсичности воды является уменьшение или увеличение относительного показателя замедленной флуоресценции (ОПЗФ) на 50 % и более после экспонирования суспензии водоросли в течение 1 ч в тестируемой воде по сравнению с этим показателем в контрольной среде, приготовленной на дистиллированной воде.

При установлении безвредной кратности разбавления руководствуются отклонением величины ОПЗФ в токсикологическом эксперименте на 20 % в ту или другую сторону [16].

Весной 2014 г. пробы из р. Бугач и Кача в районе ул. 2-я Брянская показали токсичность (подавление ОПЗФ на 58 и 60,2 % соответственно). Это связано с поступлением большого числа нефтепродуктов и тяжелых металлов с дорожными стоками (последствия многоснежной зимы). Для р. Бугач токсичность исчезает только при разбавлении более чем в два раза, что говорит о сильном загрязнении данного водотока. Пробы из р. Енисей в районе нефтебазы показали пограничное значение (подавление ОПЗФ на 46 %). В данном районе предполагалось стойкое загрязнение нефтепродуктами и различными присадками к ним, что и было доказано при проведении элементного химического анализа. Кроме того, в данном районе ощущался стойкий запах нефтепродуктов, исходящий от воды (рис. 1). Незначительную степень подавления фотосинтетического аппарата клеток культуры водоросли хлорелла показали пробы вод, отобранные из р. Енисей в районе Академгородка и пос. Овсянка, а так же в устье р. Базаиха.

В работе произведен расчет безвредной кратности разбавления (снижение уровня ОПЗФ на 20 %) — уровня подавления тест-функции организма, не приводящего к нарушениям жизнедеятельности [16].

В основу определения степени токсичности была положена методика З.Г. Гольд (табл. 1) [17].

Таблица 1

Методика определения степени токсичности вод

Уровень разбавления, раз	Степень токсичности воды
–	Нетоксичная
–	Нетоксичная
< 10	Слаботоксичная
11–50	Среднетоксичная

51–99	Высокотоксичная
≥ 100	Гипертотоксичная

Рассчитаны значения уровня безвредного разбавления (табл. 2).

Таблица 2

*Уровень безвредной кратности разбавления природных вод (весна 2014 г.)**

Номер станции	Кратность разбавления до безопасного уровня
1	4
2	2
3	16
4	32
5	–
6	–
7	–
8	–
9	2
10	–

* Значение ОПЗФ должно снижаться менее чем на 20 % от контрольных показателей

Анализ проб воды, отобранных весной 2014 г., показал отсутствие токсичности в районах р. Базаиха, о. Отдыха, Сосновоборска, пос. Овсянка, Академгородка — подавление функции тест-объекта было менее 20 %. Пробы воды из Енисея в районе нефтебазы и «Стрелки», а так же из устья р. Кача достигали безопасного уровня при разведении менее чем в 10 раз и, исходя из принятых критериев, являлись слаботоксичными. Пробы воды из наиболее загрязненных районов — р. Кача (ул. 2-я Брянская) и р. Бугач показали среднюю токсичность.

Подавление ОПЗФ для проб, отобранных в осенний период 2014 г. из р. Енисей (район нефтебазы), составило 53 %, для проб из р. Кача (район ул. 2-я Брянская) — 69,8 %, из р. Бугач — 75,4 % (рис. 2). Величина подавления функции тест-объекта позволяет сделать вывод о токсичности вод со станций № 1, 3 и 4. Токсичность проб из р. Енисей и Кача связана с поступлением большого числа нефтепродуктов, тяжелых металлов с ливневыми смывами с дорог и активной навигацией по р. Енисей (налив нефтепродуктов). Токсичность р. Бугач в этот период объясняется стоками с сельскохозяйственных полей частного сектора, расположенных в данном районе. Пробы вод с остальных станций показали отсутствие токсичности.

Осенью 2014 г. отмечалась наибольшая токсичность проб воды за весь период наших наблюдений. При проведении химического анализа также был выявлен существенный рост значений концентраций поллютантов в сравнении с весенним периодом того же года.

Расчет безвредной кратности разбавления для проб, взятых осенью 2014 г., показал отсутствие токсичности в районах р. Базаиха, о. Отдыха, пос. Овсянка, Академгородка — подавление функции тест-объекта менее 20 %. Пробы воды из р. Енисей в районе нефтебазы и «Стрелки», Сосновоборска, а также устья р. Кача достигали безопасного уровня при разведении менее чем в 10 раз и, исходя из принятых критериев, являлись слаботоксичными. Пробы воды из наиболее загрязненных районов — р. Кача (ул. 2-я Брянская) и р. Бугач — по-

казали среднюю токсичность. Показательны результаты исследования проб воды из Енисея, отобранных в районе Сосновоборска. Проявление токсичности в этом

случае объясняется сезонным смывом иловых хранилищ правобережных очистных сооружений (табл. 3).

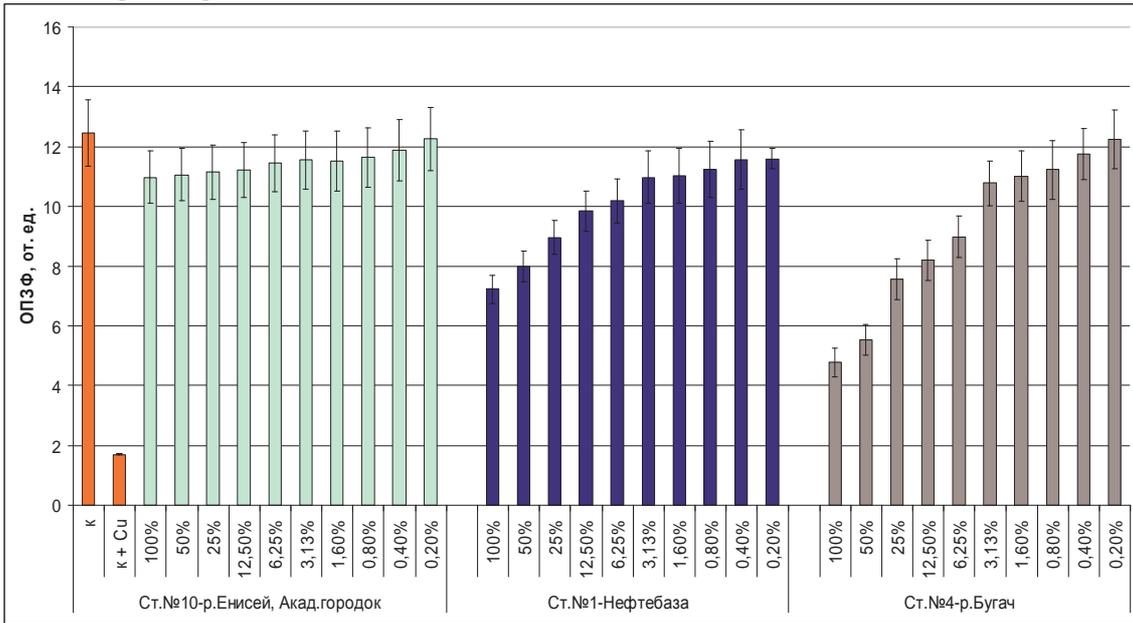


Рис. 1. Токсичность вод р. Енисей в черте Красноярска (весна 2014 г.)

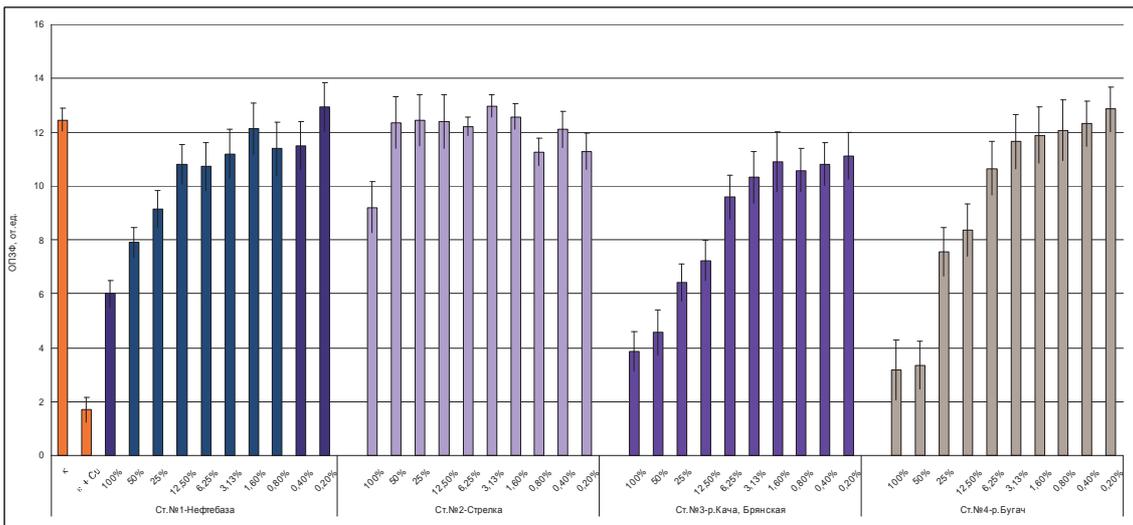


Рис. 2. Токсичность вод р. Енисей в черте Красноярска (осень 2014 г.)

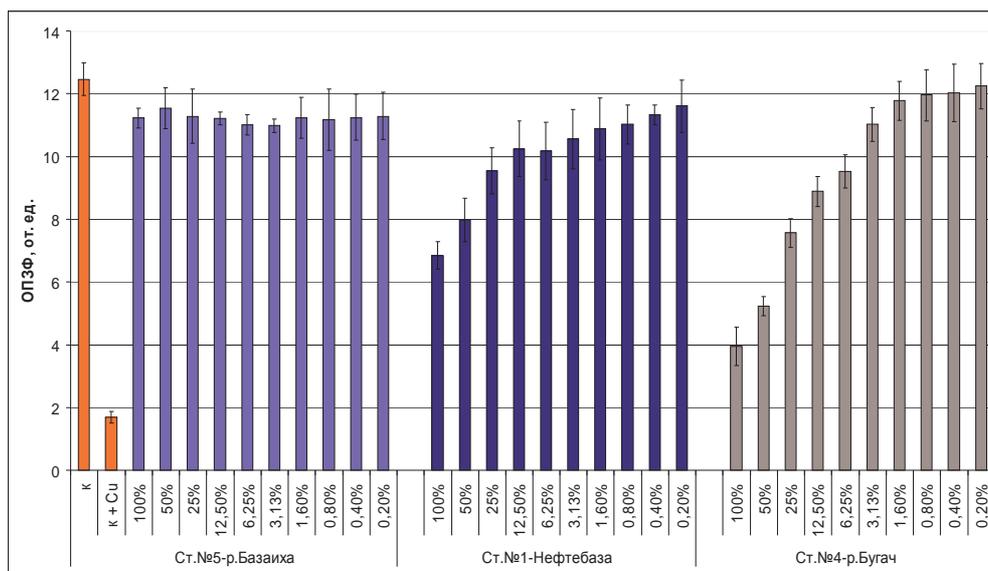


Рис. 3. Токсичность вод р. Енисей в черте Красноярска (весна 2015 г.)

Таблица 3

онов — р. Кача, ул. 2-я Брянская и р. Бугач — показали среднюю токсичность (табл. 4).

Уровень безвредной кратности разбавления природных вод (осень 2014 г.)

Номер станции	Кратность разбавления до безопасного уровня
1	4
2	2
3	32
4	16
5	—
6	4
7	—
8	—
9	2
10	—

В весенний период 2015 г. токсичность проявили пробы, отобранные из р. Бугач и Кача в районе ул. 2-я Брянская (подавление ОПЗФ составило 65,8 и 63,7 % соответственно). В целом картина оказалась аналогичной весне 2014 г., когда первоначально ожидалось увеличение токсичности речных вод за счет таяния снежного покрова в черте города и попадания талых вод в водоемы, но зима 2014–2015 гг. в районе Красноярска оказалась аномально малоснежной, и активного сноса в реки талых вод не произошло (рис. 3). Пробы воды с остальных станций показали отсутствие токсичности (подавление ОПЗФ менее 50 %).

Согласно принятой методике определения токсичности воды пробы, отобранные в весенний период 2015 г., нетоксичны в районах р. Базаиха, на станциях отбора р. Енисей в районах о. Отдыха, Сосновоборска, пос. Овсянка. Пробы воды в районе нефтебазы и «Стрелки», а также в устье р. Кача достигали безопасного уровня при разведении менее чем в 10 раз, то есть слаботоксичны. Воды из наиболее загрязненных рай-

Таблица 4

Уровень безвредной кратности разбавления природных вод (весна 2015 г.)

Номер станции	Кратность разбавления до безопасного уровня
1	4
2	2
3	16
4	16
5	—
6	—
7	—
8	—
9	2
10	—

Следует отметить, что пробы воды в исследуемый период показали наименьшую токсичность за все время исследований. Данное явление можно объяснить заметным снижением уровня осадков в зимний период 2014–2015 гг. (в 2,5–3 раза в черте Красноярска), что вызвало значительное сокращение содержания токсиантов ввиду отсутствия снежного покрова.

Естественный режим водного стока и химические свойства речных вод изменяются в условиях интенсивного антропогенного воздействия на природную среду [18].

Предельно допустимая концентрация нефти и нефтепродуктов для воды рыбохозяйственных водоемов I категории соответствует 0,05 мг/л [19].

Ниже представлены результаты количественного химического анализа проб воды по определению массовой концентрации нефтепродуктов.

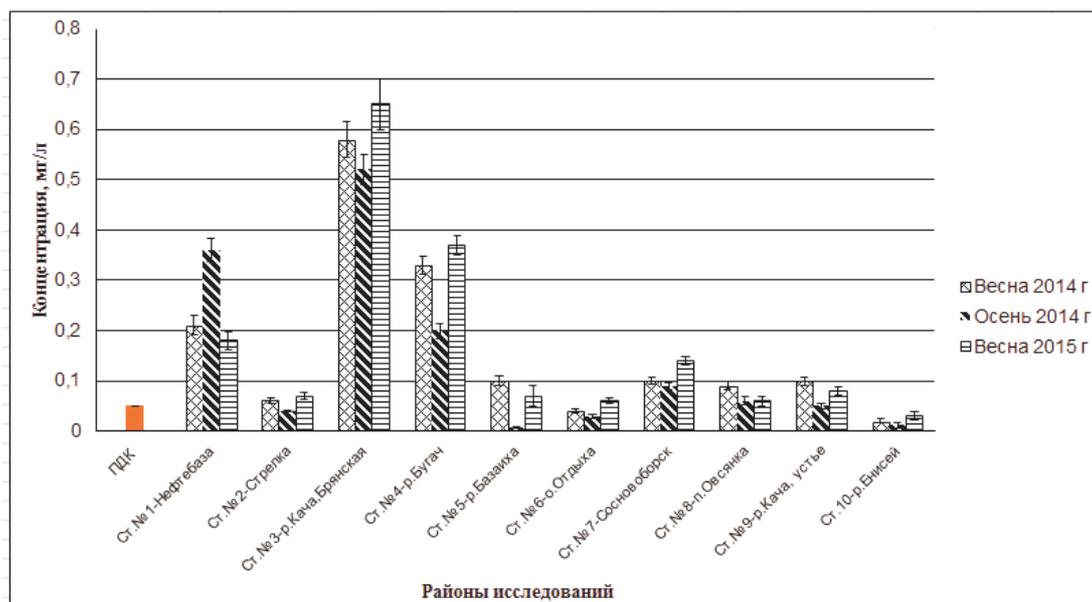


Рис. 4. Определение содержания нефтепродуктов в природных водах (2014–2015 гг.)

Химический анализ проб воды, отобранных в осенний период, показал превышение допустимых концентраций нефтепродуктов (район нефтебазы — в 6 раз, район р. Кача (ул. 2-я Брянская) — в 13,2 раза) и сильное загрязнение тяжелыми металлами в совокупности с органическими соединениями районов р. Кача (ул. 2-я Брянская) и р. Бугач. В районе пос. Овсянка Енисей оказался загрязнен органическими соединениями, что и обусловило высокую связывающую способность вод.

Как видно (рис. 4), р. Кача, в отличие от р. Енисей, получает основное загрязнение нефтепродуктами в весенний паводок (апрель, май), когда большая часть загрязняющих веществ поступает с поверхностным стоком с дорог и близлежащих АЗС, автомоечных станций.

Выявленные высокие концентрации нефтепродуктов в р. Енисей (район нефтебазы) в осенний период, видимо, связаны с активной деятельностью водного транспорта в навигацию и низким экологическим контролем.

Заключение

Химический анализ в совокупности с биотестированием позволил выделить условно чистые и условно грязные районы в акватории р. Енисей и его малых притоков в черте Красноярского промышленного района (табл. 5).

Таблица 5

*Определение токсичности вод р. Енисей и притоков в черте Красноярска в разные сезоны**

Место отбора проб	Время отбора проб		
	Весна 2014 г.	Осень 2014 г.	Весна 2015 г.
Станция № 1	Нет	Да	Нет
Станция № 2	Нет	Нет	Нет

Станция № 3	Да	Да	Да
Станция № 4	Да	Да	Да
Станция № 5	Нет	Нет	Нет
Станция № 6	Нет	Нет	Нет
Станция № 7	Нет	Нет	Нет
Станция № 8	Нет	Нет	Нет
Станция № 9	Нет	Нет	Нет
Станция № 10	Нет	Нет	Нет

* Показано наличие или отсутствие 50 % подавления ОПЗФ культуры водоросли хлорелла

Проведенные исследования показали, что токсичность природных вод зависит как от месторасположения (т. е. близости к источнику загрязнения), так и от времени года. В пробах, отобранных осенью, отмечаются большие концентрации нефтепродуктов по сравнению с весенним периодом, что объясняется ливневыми смывами с дорог, а также активным периодом навигации.

Следует отметить, что результаты химического анализа сопоставимы с результатами биотестирования. Особенно ярко это проявляется при определении концентрации и токсическом действии нефтепродуктов и металлов. Динамика содержания нефтепродуктов в пробах во все исследуемые периоды подтверждает сезонную динамику токсичности природных вод по итогам биотестирования, что позволяет отнести нефтепродукты к приоритетным загрязнителям р. Енисей.

Литература

1. Михайлюта С.В., Тасейко О.В., Спицына Т.П. Окружающая среда и актуальные проблемы мониторинга в Красноярске // Материалы 8-й межрегиональной научно-методической конференции «Непрерывное экологическое образование и экологические проблемы Красноярского края». Красноярск, СибГТУ. 2003. С. 164-167.
2. О состоянии окружающей среды в Красноярском крае за 2013 год [Электронный ресурс]: гос. докл. (2015 г.) // М-во

природных ресурсов и экологии Красноярского края: сайт. URL: <http://www.mpr.krskstate.ru/envir/page5849/0/id/19165> (дата обращения: 15.11.2015).

3. Miramand P., Guyot T., Rybarczyk H., Elkaim B., Mouny P. Contamination of the biological compartment in the Seine estuary by Cd, Cu, Pb, and Zn // *Estuaries*. 2001. № 6. С. 1056-1065.

4. Никаноров А.М., Жулидов А.В. Биомониторинг металлов в пресноводных экосистемах. Л., 1991. 385 с.

5. Григорьев Ю.С., Бурмакин В.Н., Бондарев Н.С. Влияние связывания тяжелых металлов на результаты биотестирования токсичности природных и сточных вод // *Вестн. Крас. гос. ун-та. Сер. Естественные науки*. 2005. № 5. С. 125-128.

6. Моисеенко Т.И. Биологические методы оценки качества вод. Ч. 2. Биотестирование // *Вестн. Тюмен. гос. ун-та*. 2010. № 7. С. 40-51.

7. Брагинский Л.П., Линник П.Н. К методике токсикологического эксперимента с тяжелыми металлами на гидробионтах: науч. изд. М., 2003. 58 с.

8. ПНД Ф Т 14.1:2:3:4.10-04 16.1:2:3:3.7-04, ФР.1.31.2009.06642. Методика определения токсичности проб поверхностных пресных, грунтовых, питьевых, сточных вод, водных вытяжек из почвы, осадков сточных вод и отходов по изменению оптической плотности культуры водоросли хлорелла (*Chlorella vulgaris* Beijer). М., 2007. 46 с.

9. Лапушова Л.А. флуоресцентного метода определения токсичности вод, очищенных полимерным сорбентом «Униполимер-М» от нефтяных загрязнений // *Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе*. 2015. № 4. С. 22-26.

10. ПНД Ф Т 14.1:2:4.16-09 16.1:2:3:3.14-09, ФР.1.39.2012.12371. Методика определения токсичности питьевых, природных и сточных вод, водных вытяжек из почв, осадков сточных вод и отходов по изменению относительного показателя замедленной флуоресценции культуры водоросли хлорелла (*Chlorella vulgaris* Beijer). М., 2009. 43 с.

11. Способ определения содержания фитотоксических веществ: пат. 2069851 Рос. Федерация. № G01N33/00; заявл. 15.07.92; опубл. 27.11.96, *Бюл.* № 33. 3 с.

12. ПНД 14.1:2:4.16-09/Т 16.1:2:3:3.14-09. Методика измерений относительного показателя замедленной флуоресценции культуры водоросли хлорелла (*Chlorella vulgaris* Beijer) для определения токсичности питьевых, пресных природных и сточных вод, водных вытяжек из грунтов, почв, осадков сточных вод, отходов производства и потребления. М., 2014. 37 с.

13. Способ биотестирования токсичности вод и водных растворов: пат. 2482474 Рос. Федерация. № G01N33/00; заявл. 21.01.11; опубл. 20.05.2013, *Бюл.* № 14. 3 с.

14. ПНД Ф 14.1:2:4.128-98. Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений массовой концентрации нефтепродуктов в пробах природных, питьевых, сточных вод флуориметрическим методом на анализаторе жидкости «Флюорат-02». Государственный комитет Российской Федерации по охране окружающей среды. М., 2007. 8 с.

15. ГОСТ Р 51592-2000 «Вода. Общие требования к отбору проб Госстандарт России». М.: Стандартинформ, 2008. 38 с.

16. Григорьев Ю.С., Власова Е.С. Методика определения токсичности питьевых, природных и сточных вод, водных вытяжек из почв, осадков сточных вод и отходов по изменению относительного показателя замедленной флуоресценции культуры водоросли хлорелла (*Chlorella vulgaris* Beijer). М.: Изд-во Федер. службы по экол., технол. и атомному надзору, 2009. 43 с.

17. Гольд З.Г. Красноярское водохранилище: мониторинг, биота, качество вод: моногр. Красноярск: Изд-во СФУ, 2008. 538 с.

18. Beurskens J.E.M., Winkels H.J., Wolf J.de and Dek C.G.C. Trends of priority pollutants in the Rhine during the last years // *Water Sci.Technol.* 1994. P. 77-85.

19. Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения: приказ Росрыболовства от 18 янв. 2010 г. № 20. Зарег. в Минюсте РФ 09.02. 10 г. № 16326. 153 с.

References

1. Mikhailyuta C.B., Taseiko O.V., Spitsyna T.P. Environment and Challenges Monitoring Krasnoyarsk // *Materialy 8-i mezhrayonal'noi nauchno-metodicheskoi konferentsii «Nepreryvnoe ekologicheskoe obrazovanie i ekologicheskie problemy Krasnoyarskogo kraja»*. Krasnoyarsk, SibGTU. 2003. P. 164-167.

2. State report on the state of the environment in the Krasnoyarsk Territory for 2013 [Elektronnyi resurs]: gos. dokl. (2015 g.) // *M-vo prirodnikh resursov i ekologii Krasnoyarskogo kraja: sait*. URL: <http://www.mpr.krskstate.ru/envir/page5849/0/id/19165> (дата obrashcheniya: 15.11.2015).

3. Miramand R., Guyot T., Rybarczyk H., Elkaim B., Mouny P. Contamination of the biological compartment in the Seine estuary by Cd, Cu, Pb, and Zn // *Estuaries*. 2001. № 6. P. 1056-1065.

4. Nikanorov A.M., Zhulidov A.V. Biomonitoring of metals in freshwater ecosystems. L., 1991. 385 p.

5. Grigor'ev Yu. S., Burmakin V. N., Bondarev N. S. Influence of binding of heavy metals on toxicity bioassay results of natural and waste waters // *Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo universiteta. Ser. Estestvennye nauki*. 2005. № 5. P. 125-128.

6. Moiseenko T.I. Biological methods of water quality assessment. Pt. 2. Bioassay // *Vestn. Tyumen. gos. un-ta*. 2010. № 7. P. 40-51.

7. Braginskii L.P., Linnik P.N. By the methods of toxicological experiment with heavy metals on aquatic organisms: nauch. izd. M., 2003. 58 p.

8. PND F T 14.1:2:3:4.10-04 16.1:2:3:3.7-04, FR.1.31.2009.06642. Method for determining the toxicity of samples of surface fresh water, ground water, drinking water, waste water, water extracts from the soil, sewage sludge and waste by changing the optical density of the culture of *Chlorella* algae (*Chlorella vulgaris* Beijer). М., 2007. 46 p.

9. Lapushova L.A. The results of the fluorescence method for determining the toxicity of water treated polymer sorbents "Unipolimer-M" from oil pollution // *Zashchita okruzhayushchei sredy v neftegazovom komplekse*. 2015. № 4. P. 22-26.

10. PND F T 14.1:2:4.16-09 16.1:2:3:3.14-09, FR.1.39.2012.12371. Method for determining the toxicity of drinking, natural and sewage water extracts from soils, sewage sludge and waste by changing the relative index of delayed fluorescence of the culture algae *Chlorella* (*Chlorella vulgaris* Beijer). М., 2009. 43 p.

11. Method for determining the content of phytotoxic substances: pat. 2069851 Ros. Federatsiya. № G01N33/00; заявл. 15.07.92; opubl. 27.11.96, *Byul.* № 33. 3 p.

12. PND 14.1:2:4.16-09/Т 16.1:2:3:3.14-09. Methods of measurements of the relative index of delayed fluorescence of algae culture *Chlorella* (*Chlorella vulgaris* Beijer) to determine the toxicity of drinking water, fresh water and sewage, water extracts of soils, soil, sewage sludge, waste production and consumption. М., 2014. 37 p.

13. Method bioassay toxicity of water and aqueous solutions: pat. 2482474 Ros. Federatsiya. № G01N33/00; заявл. 21.01.11; opubl. 20.05.2013, *Byul.* № 14. 3 p.

14. PND F 14.1:2:4.128-98. Quantitative chemical analysis of water. Methods of measurement of the mass concentration of oil in the samples of natural, drinking, waste water fluorimetric me-

thod on the analyzer liquid " Fluorat -02 ". Russian Federation State Committee on Environmental Protection. M., 2007. 8 p.

15. GOST R 51592-2000 "Water. General requirements for sampling State Standard of Russia". M.: Standartinform, 2008. 38 p.

16. Grigor'ev Yu.S., Vlasova E.S. Method for determining the toxicity of drinking, natural and sewage water extracts from soils, sewage sludge and waste by changing the relative index of delayed fluorescence of algae culture Chlorella (*Chlorella vulgaris* Beijer). M.: Izd-vo Feder. sluzhby po ekol., tekhnol. i atomnomu nadzoru, 2009. 43 p.

17. Gol'd Z.G. Krasnoyarsk reservoir monitoring, biota, water quality: monogr. Krasnoyarsk: Izd-vo SFU, 2008. 538 p.

18. Beurskens J.E.M., Winkels H.J., Wolf J.de and Dek C.G.C. Trends of priority pollutants in the Rhine during the last years // *Water Sci.Technol.* 1994. P. 77-85.

19. On approval of the water quality standards fishery water bodies, including the maximum permissible concentrations of harmful substances in the waters of fishery water bodies: prikaz Rosrybolovstva ot 18 yanv. 2010 g. № 20. Zareg. v Minyuste RF 09.02. 10 g. № 16326. 153 p.