

Э. М. Курамшин (д.х.н., проф.)¹, У. Б. Имашев (д.х.н., проф., акад. АН РБ, зав. каф.)¹,
Н. Г. Курамшина (д.б.н., проф.)², Э. Э. Нуртдинова (ст. преп.)²
**ГИДРОХИМИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД МАЛЫХ РЕК
КАМСКОГО БАССЕЙНА В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ
ОБЪЕКТОВ НЕФТЕДОБЫЧИ**

¹Уфимский государственный нефтяной технический университет,
кафедра физической и органической химии
450062, г. Уфа, ул. Космонавтов, 1; тел. (347) 2420855, e-mail: corw2000@gmail.ru

²Уфимский государственный университет экономики и сервиса,
кафедра охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов
450022, г. Уфа, ул. Акназарова, 24; тел. (347)2285796, e-mail: n-kuramshina@mail.ru

E. M. Kuramshin¹, U. B. Imashev¹, N. G. Kuramshina², E. E. Nurtdinova²
**HYDROCHEMISTRY OF A SURFACE WATER
OF THE SMALL RIVERS OF KAMSKY POOL IN A ZONE
OF INFLUENCE OF OBJECTS OF OIL PRODUCTION**

¹Ufa State Petroleum Technological University
1, Kosmonavtov Str., 450062, Ufa, Russia; ph. (347) 2420855, e-mail: corw2000@gmail.ru

²Ufa State University of Economy and Service
24, Aknazarov Str., 450022, Ufa, Russia; ph. (347) 2285796, e-mail: n-kuramshina@mail.ru

Исследованы гидрохимические характеристики поверхностных вод и донных осадков малых рек – притоков р. Вотка и р. Сива (Удмуртия), впадающей в р. Кама. Установлено, что в природных водах рек Казеска, Лиственка, Шиганка, Шаркан – притоков р. Вотка, в зоне влияния объектов Лиственского нефтяного месторождения, как и в прежние годы, превышение ПДК вредных веществ в воде практически не наблюдается и их качество может быть отнесено к умеренно загрязненным. Донные осадки исследованных водотоков могут быть отнесены к допустимой категории загрязнения, по степени загрязнения нефтяными углеводородами – к умеренно загрязненным.

Ключевые слова: индекс загрязнения воды; нефтепродукты; степень загрязнения донных осадков нефтепродуктами; хлориды.

В последнее время значительно возрос интерес к малым рекам, что обусловлено их особой ландшафтообразующей и экологической ролью ^{1,2}. Эти реки составляют основу гидрографической сети и водосборы малых рек являются специфическими природными системами. Сложившееся природопользование затрагивает и разрушает прежде всего эти геосистемы. Интенсификация использования их ресурсов, усиливающееся загрязнение вод сви-

Hydrochemical characteristics of a surface water and ground precipitation of the small rivers – inflows of river Siva in Udmurtia falling into Kama River are investigated. It is established that in natural waters of the small rivers of Kazesk, Listvenka, Shiganka, Sharkan – inflows of river of Votka, in a zone of influence of objects of the Listvensky oil field, as well as in former years, excess of maximum concentration limit of harmful substances in water practically isn't observed and their quality can be carried to moderately polluted. Ground precipitation of the studied water currents can be referred to admissible category of pollution, on extent of pollution by oil hydrocarbons – to moderately polluted.

Key words: a water pollution index; petroleum products; the extent of oil pollution of bottom sediments; chlorides.

детельствуют об углублении водохозяйственного кризиса. Его преодоление является сложной задачей, решение которой лежит в интеграции научных направлений, активном развитии фундаментальных исследований в этой области. Интенсивная разработка нефтяных месторождений в Камском бассейне на протяжении нескольких десятков лет и отсутствие сведений в литературе о состоянии малых рек – притоков р. Кама определяет актуальность исследований в данной области.

Дата поступления 30.04.14

В административном отношении Лиственское нефтяное месторождение расположено на границе Воткинского и Шарканского районов Удмуртии. Месторождение удалено от г. Ижевска на расстояние 48 км к северо-востоку. С востока Лиственское месторождение непосредственно примыкает к Мишкинскому месторождению нефти. Дожимная насосная станция — ДНС «Лиственка» служит для сбора, сепарации и частичного разделения нефтегазоводяной смеси, поступающей с 26-ти ГЗУ, с последующей откачкой нефти на УПН «Мишкино». Коридор коммуникаций, соединяющий эти объекты, пересекает ряд водотоков, представленных рекой Вотка и ее притоками: Шаркан, Казеска, Шиганка и Лиственка. Водотоки относятся к бассейну р. Кама. Общая протяженность постоянных водотоков в пределах месторождения составляет около 20 км.

Речка Шаркан — левый приток р. Вотка (пруд Воткинский у г. Воткинск). Общая длина реки 50 км. Длина реки в районе перехода 43 км, расстояние от наиболее удаленной точки водосбора 45 км, площадь водосбора 340 км², залесенность 30%, заболоченность 0%. Средняя скорость течения в межень 0.2–0.3 м/с. Пойма двухсторонняя, шириной 0,5 км, в пониженных местах затопляется практически ежегодно. Русло извилистое шириной 10–15 м, глубиной вреза около 4 м.

Речка Казеска — левый приток р. Вотка. Общая длина реки 23 км. Длина реки в районе перехода 21 км, расстояние от наиболее удаленной точки водосбора 23 км, площадь водосбора 105 км², залесенность 45%, заболоченность 1%. Средняя скорость течения в межень 0.3 м/с, в паводки до 1.2 м/с. Долина речки симметричная с пологими залесенными склонами. Пойма речки двухсторонняя, с поверхности заторфованная, особенно правобережная ее часть. Общая ширина поймы составляет 50–70 м. Русло речки шириной 6–10 м извилистое, с обрывистыми берегами высотой до 1.5 м. Ширина зеркала воды в месте пересечения трассой равна 3.0 м, средняя глубина 0.5 м.

Речка Шиганка — левый приток р. Вотка (Воткинский пруд). Общая длина реки 5.3 км. Длина реки в районе перехода 0.2 км, расстояние от наиболее удаленной точки водосбора 0.7 км, площадь водосбора 0.8 км², залесенность 3%, заболоченность 0%. Средняя скорость течения в межень 0.3 м/с, в паводки до 1.0 м/с.

Речка Лиственка — правый приток р. Шаркан. Общая длина реки 5.7 км. Длина

реки в районе перехода 5.0 км, площадь водосбора 12 км, расстояние от наиболее удаленной точки водосбора 5.9 км, залесенность 55%, заболоченность 2%.

Материалы и методы исследования

Оценка качества поверхностных вод. Отбор, хранение и консервирование проб осуществляется в соответствии с требованиями ГОСТ Р 51592-2000 «Вода. Общие требования к отбору проб».

Определение валового содержания соединений следующих тяжелых металлов (ТМ): меди, никеля, цинка, хрома, марганца проводили, используя атомно-абсорбционный метод (МВИ № 01.07.176/2000). Для определения концентрации соединений железа использовали атомно-абсорбционный спектрометр с электротермической атомизацией (МВИ № 01.07.176/2000). Беспламенная атомно-абсорбционная спектрометрия использовалась для определения соединений ртути (МВИ № 01.02.062/2004).

Фотометрический метод использовали при определении:

- фосфатов (МВИ № 01.02.027/2004),
- нитратов (МВИ № 01.02.025/2004),
- нитритов (МВИ № 01.02.026/2004),
- ионов аммония (МВИ № 01.02.047/2004).

Титриметрический метод применяли для определения концентрации:

хлоридов (МВИ № 01.02.035/2004), БПК₅ (МВИ № 01.02.033/2004), общей жесткости (МВИ № 01.02.048/2004).

Сульфаты анализировали турбидиметрически (РД 52.24.405-95), сухой остаток — гравиметрически (РД 52.24.468-95), нефтепродукты — колоночной хроматографией с ИК-окончанием (ПНД Ф 14.1:2:4.128-98).

Для комплексной оценки состояния поверхностных вод используется индекс загрязненности вод (ИЗВ), который рассчитывается как среднее из превышений ПДК по гидрохимическим показателям:

$$ИЗВ = (1/N) \cdot \sum(C_i / ПДК_i),$$

где C_i — концентрация компонента;

N — число показателей, используемых для расчета индекса;

$ПДК_i$ — установленная величина для соответствующего водного объекта и компонента.

Полученные значения показателя ИЗВ, рН, концентрация аммоний иона (NH_4^+) и су-

ществующие шкалы позволяют охарактеризовать качество и класс воды (табл.1,2). Для характеристики степени загрязнения воды легкоокисляемыми органическими соединениями применялась величина биохимического потребления кислорода (БПК₅), выражающаяся в миллиграммах кислорода, расходуемого для окисления веществ, содержащихся в 1 л воды (ПДК₅ < 3 мг О₂/дм³).

Таблица 1

Шкала оценки состояния поверхностных вод по значениям ИЗВ

Значение ИЗВ	Класс воды	Качество воды
<= 0.2	1 класс	Очень чистые
>= 0.2-1	2 класс	Чистые
> 1-2	3 класс	Умеренно загрязненные
> 2-4	4 класс	Загрязненные
> 4-6	5 класс	Грязные
> 6-10	6 класс	Очень грязные
>= 10	7 класс	Чрезвычайно грязные

Оценка загрязнения донных отложений. Донные отложения водоемов являются своеобразным индикатором загрязнения вод, поскольку вещества, выводящиеся из водной массы, накапливаются и концентрируются в отложениях. Содержание всех веществ в донных осадках, как правило, на порядок выше, чем в воде. Пробы донных отложений в основном приурочены к местам отбора проб воды и выступают в качестве дополнительного индикатора состояния поверхностных вод, характеризующая процессы седиментации и аккумуляции химических элементов и веществ на дне водоемов.

Оценку степени загрязнения донных отложений проводили в соответствии с Методическими указаниями МУ 2.1.7.730-99 «Гигиеническая оценка качества почвы населенных мест», СП 11-102-97; СанПиН 2.1.7.1287-03; классификацией СибрыбНИИпроекта по нефтяным углеводородам. С этой целью использовали суммарный показатель загрязнения донных отложений (Z_c):

$$Z_c = \sum(C_i / C_{phi}) - (n - 1),$$

где C_i – концентрация определяемого компонента;
 C_{phi} – среднефоновое содержание компонента;
 n – число показателей, используемых для расчета индекса.

При оценке категории загрязнения использовали ориентировочную оценочную шкалу опасности загрязнения почв по суммарному показателю загрязнения Z_c : допустимая ($Z_c < 16$); умеренно опасная ($Z_c = 16 - 32$); опасная ($Z_c = 32 - 128$); чрезвычайно опасная ($Z_c > 128$).

Степень загрязненности донных отложений в зависимости от содержания нефтяных углеводородов (НУВ) определяли, используя классификацию СибрыбНИИпроекта (табл. 3).

В местах отбора проб воды исследованных водотоков отобраны образцы донных осадков: р. Казеска (Д-1), р. Шиганка (Д-2), р. Лиственка (Д-3), р. Шаркан (Д-4) и проведен анализ на содержание загрязняющих веществ.

Таблица 2

Группа природных вод и степень загрязнения водоемов согласно значениям ИЗВ, рН, БПК₅ и концентрации аммоний иона (NH₄⁺)

Группы природных вод в зависимости от рН	Степень загрязнения (классы водоемов) в зависимости от содержания	
Сильно кислые воды, рН < 3	БПК ₅ , мг О ₂ /дм ³	Аммоний ион (NH ₄ ⁺), мг/дм ³
Кислые воды, рН 3-5	Очень чистые, БПК ₅ = 0.5-1.0	Очень чистые, (NH ₄ ⁺) = 0.05
Слабокислые воды, рН 5-6.5	Чистые, БПК ₅ = 1.1-1.9	Чистые, (NH ₄ ⁺) = 0.1
Нейтральные воды, рН 6.5-7.5	Умеренно загрязнены БПК ₅ = 2.0-2.9	Умеренно загрязненные, (NH ₄ ⁺) = 0.2-0.3
Слабощелочные воды, рН 7.5-8.5	Загрязненные, БПК ₅ = 3.0-3.9	Загрязненные, (NH ₄ ⁺) = 0.4-1.0
Щелочные воды, рН 8.5-9.5	Грязные, БПК ₅ = 4.0-10.0	Грязные, (NH ₄ ⁺) = 1.1-3.0
Сильнощелочные воды, рН > 9.5	Очень грязные, БПК ₅ = 10	Очень грязные, (NH ₄ ⁺) > 3

Таблица 3
Шкала оценки загрязненности
донных осадков

Содержание НУВ, мг/100г сухого грунта	Степень загрязненности донного грунта
0–0.55	Чистые
0.56–2.55	Слабо загрязненные
2.56–5.55	Умеренно загрязненные
5.56–20.55	Загрязненные
20.56–50.0	Грязные
Свыше 50.0	Очень грязные

Результаты и их обсуждение

Отобраны пробы вод в местах пересечения коридором коммуникаций ряда водотоков, представленных притоками р. Вотка: Казеска, Шиганка, Лиственка, Шаркан и проведен гидрхимический анализ (табл. 4).

Проба воды р. Казеска в районе пересечения коридором коммуникаций может быть отнесена по рН = 8.07 к слабощелочным водам,

по БПК₅=2.1 – к умеренно загрязненному классу водоемов, по (NH₄⁺) = 0.06 – к чистым, по индексу загрязненности воды ИЗВ = 2.25 может быть отнесена к 4 классу воды, качество воды – *загрязненные*.

Результаты анализа свидетельствуют о том, что проба воды р. Шиганка в районе пересечения нефтепроводом может быть отнесена по рН=7.92 – к слабощелочным водам, по БПК₅=1.8 – к чистому классу водоемов, по (NH₄⁺)=0.07 – к чистым, по индексу загрязненности воды ИЗВ = 2.04 может быть отнесена к 3 классу воды, качество воды – *умеренно загрязненные*.

Проба воды: р. Лиственка, р-н пересечения коридором коммуникаций, может быть отнесена по рН=7.45 – к нейтральным водам, по БПК₅ = 1.5 – к чистому классу водоемов, по (NH₄⁺) = 0.06 – к очень чистым, по индексу загрязненности воды ИЗВ=1.95 может быть

Таблица 4

Оценка загрязнения поверхностных вод Лиственского месторождения

Определяемый компонент	ПДК, класс опасности вещества	Содержание, мг/дм ³			
		р. Казеска	р. Шиганка	р. Лиственка	р. Шаркан
Железо	0.1 т., 4кл	0.61	0.56	0.42	0.47
Марганец	0.01 т., 4кл	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Медь	0.001 т., 3кл	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Цинк	0.01 т., 3кл	0.01	0.01	0.02	0.02
Кадмий	0.005 т., 2кл	Отс.	Отс.	Отс.	Отс.
Свинец	0.1 т.	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Кобальт	0.01 т., 3кл	Отс.	Отс.	Отс.	Отс.
Никель	0.01 т., 3кл	Отс.	Отс.	Отс.	Отс.
Ртуть, мкг/дм ³	0.01 т., 1кл.	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
АПАВ	0.1	<0.015	<0.015	<0.015	<0.015
Нефтепродукты	0.05, (рыбхоз.), 3кл	0.17	0.07	0.05	0.12
Фенолы	0.001, (рыб.хоз.), 3кл	Отс.	Отс.	Отс.	Отс.
Хлориды	300 (с.- т.)	40.6	50.3	<10.0	70.0
Сульфаты	100 т.	<10.0	10.4	10.2	10.0
Фосфаты	0.2	0.68	0.80	0.73	0.69
Аммоний-ион	0.5	0.06	0.07	0.06	0.05
Нитриты	0.08 т.	0.48	0.52	0.59	0.43
Нитраты	40 с.- т.	4.3	4.1	4.5	3.9
Жесткость, моль /дм ³	не нормирована	7.2	7.1	7.3	7.0
Сухой остаток	1000.0	104	106	98	277
рН	6.5–8.5	8.07	7.92	7.45	8.10
Взвешенные вещества	фон + 0.75	0.194	0.157	0.129	0.263
БПК ₅	<4.0	2.1	1.8	1.5	2.5
Коэффициент ИЗВ, (N)	–	2.25 (9)	2.04 (10)	1.95 (9)	1.57 (10)

*погрешность при определении концентраций компонентов составляет 10–20 %. Сокращения приведены по лимитирующему показателю вредности: с.-т. – санитарно-токсикологический; т. – токсикологический; рыбхоз. – рыбохозяйственный.

отнесена к 3 классу воды, качество воды – умеренно загрязненные.

Проба воды: р. Шаркан, район пересечения коридором коммуникаций, может быть отнесена по pH=8.1 – к слабощелочным водам, по БПК₅=2.5 – к умеренно загрязненному классу водоемов, по (NH₄⁺)=0.05 – к очень чистым, по индексу загрязненности воды ИЗВ=1.57 может быть отнесена к 3 классу воды, качество воды – умеренно загрязненные.

В местах отбора проб воды исследованных водотоков отобраны образцы донных осадков: р. Казеска (Д-1), р. Шиганка (Д-2), р. Лиственка (Д-3), р. Шаркан (Д-4) и проведен анализ на содержание загрязняющих веществ (табл.5).

Донные отложения р. Казеска (Д-1) по суммарному показателю Z_c = 6.1 могут быть отнесены к образцам с **допустимой** категорией загрязнения. При значении НУВ (мг/100 г сухого грунта) менее 5 степень загрязнения пробы нефтяными углеводородами (классификация СибрыбНИИпроект) могут быть определены как **умеренно загрязненные**.

Донные осадки р. Шиганка (Д-2) по суммарному показателю Z_c = 13.6 могут быть отнесены к **допустимой** категории загрязнения. По степени загрязнения нефтяными углеводородами (классификация СибрыбНИИпроект) при значении НУВ (мг/100 г сухого грунта) более 5.56 пробы могут быть оценены как **загрязненные**.

Донные отложения р. Лиственка (Д-3) по показателю Z_c = 2.1 могут быть отнесены к **допустимой** категории загрязнения. По степени загрязнения нефтяными углеводородами (классификация СибрыбНИИпроект) НУВ, мг/100 г сухого грунта = 6.1 может быть отнесена к **загрязненной**.

Проба донных отложений р. Шаркан (Д-4) по суммарному показателю загрязнения Z_c = 5.3 – может быть отнесена к **допустимой** категории загрязнения донных отложений. По степени загрязнения нефтяными углеводородами (классификация СибрыбНИИпроект) НУВ, мг/100 г сухого грунта = 5.3 может быть отнесена к **умеренно загрязненной**.

Таблица 5

Оценка загрязнения донных отложений водотоков Лиственского месторождения

Определяемый компонент	ПДК, мг/кг (класс опасности)	Результаты анализа, содержание, мг/кг				Коэффициент концентрации, K _k =C _i /C _ф			
		Д-1	Д-2	Д-3	Д-4	Д-1	Д-2	Д-3	Д-4
Железо	13500	24530	24960	23770	23150	1.82	1.85	1.76	1.71
Марганец	1500 общ., 3 кл	163.8	169.1	175.7	163.3	0.11	0.11	0.12	0.11
Медь	5.5*, общ., 2 кл	18.3	17.6	18.9	18.1	3.33	3.20	3.44	3.29
Цинк	43*, тр., 1 кл	38	39.6	35.4	37.5	0.88	0.92	0.82	0.87
Кадмий	<0.5, 1 кл	Отс.	Отс.	Отс.	Отс.	–	–	–	–
Свинец	32* общ., 1 кл	12.5	11.6	10.8	12.1	0.39	0.36	0.34	0.38
Кобальт	28*, 2 кл	11.5	11.1	11.8	11.2	0.41	0.40	0.42	0.40
Никель	22*, общ., 2 кл	38.3	39.1	36.4	38.7	1.74	1.78	1.65	1.76
Ртуть	2.1, 1 кл	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	–	–	–	–
Нефтепродукты	290*	<50	58	61	53	–	0.20	0.21	0.18
Фенолы	7.2*	Отс.	Отс.	Отс.	Отс.	–	–	–	–
Бенз(а)пирен	0.02, общ., 1 кл	<0.001	0.002	0.002	<0.001	–	0.10	0.10	–
Хлориды	60*	10.8	10.3	9.7	11.4	0.18	0.17	0.16	0.19
Фториды	10*	2.3	2.3	2.1	2.5	0.23	0.23	0.21	0.25
Сульфаты	23.5*	14	15.1	13.3	15	0.60	0.64	0.57	0.64
Фосфаты	200, тр.	7.3	6.1	5.3	6.9	0.04	0.03	0.03	0.03
Аммоний-ион	14.4	15.3	16.1	13	14.9	1.06	1.12	0.90	1.03
Нитриты	0.11	0.9	1.9	0.8	1	8.18	17.3	7.27	9.09
Нитраты	130 м.-в., 2 кл	9.2	9.5	9.1	9.6	0.07	0.07	0.07	0.07
АПАВ	9.1	9.4	10.1	8.2	12.3	1.03	1.11	0.90	1.35
Коэффициент Z _c	–	–	–	–	–	6.1	13.6	2.1	5.3

общ. – общесанитарный; тр. – транслокационный; м.-в. – миграционно-водный; за фон принято среднее значение результатов наблюдений по Лиственскому м/р.

Таким образом, в результате проведения мониторинга за состоянием поверхностных вод Лиственского месторождения установлено, что в природных водах рек Казеска, Лиственка, Шиганка, Шаркан, как и в прежние годы, превышения ПДК вредных веществ в воде практически не наблюдается и их качество отнесено к *умеренно загрязненным*. В водах рр. Казеска и Шаркан отмечается невысокое содержание хлоридов (от 40.6 до 70.0 мг/дм³), в р. Лиственка их концентрация не превышает 10 мг/дм³. Нефтепродукты при-

сутствуют в незначительных количествах. Эти оба факта свидетельствуют о слабом влиянии процесса нефтедобычи на компоненты окружающей среды. В речных водах наблюдается высокое содержание общего железа 0.42–0.61 мг/дм³ (4.2–6.1 ПДК), имеющее природное происхождение. Донные осадки исследованных водотоков могут быть отнесены к *допустимой* категории загрязнения, по степени загрязнения нефтяными углеводородами – к *умеренно загрязненным*.

Литература

1. Курамшина Н. Г., Нуртдинова Э. Э., Кулак Ю. Н., Николаева С. В., Курамшин Э. М. // Безопасность жизнедеятельности. – 2013, №11. – С.26.
2. Курамшина Н. Г., Богатова О. В., Кулак Ю. Н., Николаева С. В., Курамшин Э. М. // Вестник ОГУ. – 2013. – №11(156). – С.28.

References

1. Kuramshina N. G., Nurtdinova E. E., Kulak Yu. N., Nikolaeva S. V., Kuramshin E. M. *Bezopasnost' zhiznedejatel'nosti* [life Safety]. 2013. No. 11. P. 26.
2. Kuramshina N. G., Bogatova O. V., Kulak Yu. N., Nikolaeva S. V., Kuramshin E. M. *Vestnik Orenburgskogo Gosudarstvennogo Universiteta* [Bulletin of Orenburg State University]. 2013. No. 11(156). P.28.