

ЭКОЛОГИЯ / ECOLOGY

DOI: <https://doi.org/10.23649/JAE.2023.34.10>

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ РЕКИ ЧЕРНАЯ В УСЛОВИЯХ СБРОСА СТОЧНЫХ ВОД НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕГО ЗАВОДА

Научная статья

Карамышев В.С.^{1,*}

¹ Санкт-Петербургский горный университет, Санкт-Петербург, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (super.master.1999[at]mail.ru)

Аннотация

В данной статье представлена оценка экологического состояния реки Черная, в которую осуществляется сброс сточных вод крупного нефтеперерабатывающего предприятия. В рамках исследования была проведена оценка текущего экологического состояния реки по гидрохимическим параметрам. Анализ химического состава воды был проведен в шести различных точках на всей протяженности реки. Работа включала анализ содержания металлов, нефтепродуктов, фенольных соединений и анионных поверхностно-активных веществ в воде и донных отложениях. Отражен вклад предприятия в загрязнение водной экосистемы. Результаты свидетельствуют о необходимости принятия мер для снижения воздействия сточных вод на экологическое состояние реки.

Ключевые слова: река Черная, водная экосистема, сточные воды, нефтеперерабатывающий завод, мониторинг окружающей среды.

AN EVALUATION OF THE ECOLOGICAL CONDITION OF THE CHERNAYA RIVER UNDER REFINERY WASTEWATER DISCHARGE CONDITIONS

Research article

Karamishev V.S.^{1,*}

¹ Saint Petersburg Mining University, Saint-Petersburg, Russian Federation

* Corresponding author (super.master.1999[at]mail.ru)

Abstract

This article presents an evaluation of the ecological condition of the Chernaya River, where wastewater from a large oil refinery is discharged. As part of the study, the current ecological condition of the river was assessed using hydrochemical parameters. Water chemistry was analysed at six different points along the length of the river. The work included an analysis of the content of metals, oil products, phenolic compounds and anionic surfactants in the water and bottom sediments. The contribution of the enterprise to the pollution of the aquatic ecosystem was shown. The results indicate the necessity of taking measures to reduce the impact of wastewater on the ecological state of the river.

Keywords: Chernaya River, aquatic ecosystem, wastewater, oil refinery, environmental monitoring.

Введение

В последнее время повышенное внимание уделяется химическому составу сточных вод, которые образуются в результате деятельности нефтеперерабатывающих заводов (НПЗ) [1]. Такие сточные воды содержат большое количество разнообразных токсинов, таких как органические соединения, нефтепродукты, масла и жиры, и являются серьезным источником загрязнения водной экосистемы [2]. Согласно отчету Управления энергетической информации (EIA) за 2019 год, глобальное потребление нефти в 2018 году достигло уровня в 99,93 миллиона баррелей в день, что свидетельствует о ежедневном образовании приблизительно 6500 миллионов литров сточных вод, производимых нефтеперерабатывающими заводами [3], [4]. В связи с этим возрастает необходимость контроля сброса сточных вод для предотвращения повышенной нагрузки на экосистемы водных объектов [2], [5], а также своевременного и полноценного контроля техногенных преобразований гидроэкосистем.

В Российской Федерации (РФ) функционирует порядка 40 крупных НПЗ с годовым объемом переработки свыше 1 миллиона тонн, а также значительное количество малых НПЗ. Медленные темпы модернизации заводов и замены устаревшего оборудования способствуют возникновению экологических проблем на различных территориях [6], [7]. Река Черная является одной из малых рек, которые длительное время подвергаются загрязнению в результате деятельности промышленного предприятия. В отчетах о состоянии окружающей среды река характеризуется как загрязненная [8]. В настоящее время система объективного контроля последствий сбросов загрязняющих веществ в промышленности остается недостаточно развитой. В результате, водные объекты в зоне влияния НПЗ, загрязняются недостаточно очищенными сточными водами [9].

На промплощадке рассматриваемого НПЗ организованный сброс сточных вод осуществляется через 2 выпуска в реку Черная, являющуюся притоком реки Волхов.

Выпуск №1 – расположен в 2,7 км от устья реки Черная (створ впадения ручья Росох). Сброс производится в период весеннего половодья и осуществляется из прудов-накопителей. Из прудов стоки системой каналов отводятся в естественное русло ручья Росох, по которому поступает в р. Черную. Ручей Росох – пересыхающий ручей, безводный в сухое время года, что подтверждает многолетние наблюдения. Выпуск №1 в р. Черную классифицируется как сосредоточенно береговой.

Выпуск №2 – находится в 1,15 км от устья в р. Черную. Выпуск сосредоточенно береговой, диаметр труб 700 мм. Сброс производится в течение всего года. Объем сброса непостоянен.

Дискретность сброса сточных вод снижает ценность стандартных гидрохимических обследований водотока. Как правило, в таких случаях, последствия «залповых» воздействий на экосистему реки постепенно накапливаются и могут быть актуально оценены только исследованием химического состава донных отложений.

Материалы и методы

Киришский район находится в южной части Ленинградской области, на правом берегу реки Волхов, в 115 километрах к юго-востоку от города Санкт-Петербург. Площадь района равна 2900 км².

Река Черная (приток реки Волхов) протекает в 7 километрах севернее от города Кириши. На левом берегу реки располагается предприятие КИНЕФ, которое сбрасывает сточные воды. В данном исследовании отбирали пробы вдоль реки Черной и ее притоков с целью оценки степени воздействия предприятия на ее экологическое состояние. Для этого были выбраны 6 точек отбора проб. На рисунке 1 представлена карта с указанием местоположения всех выбранных точек.

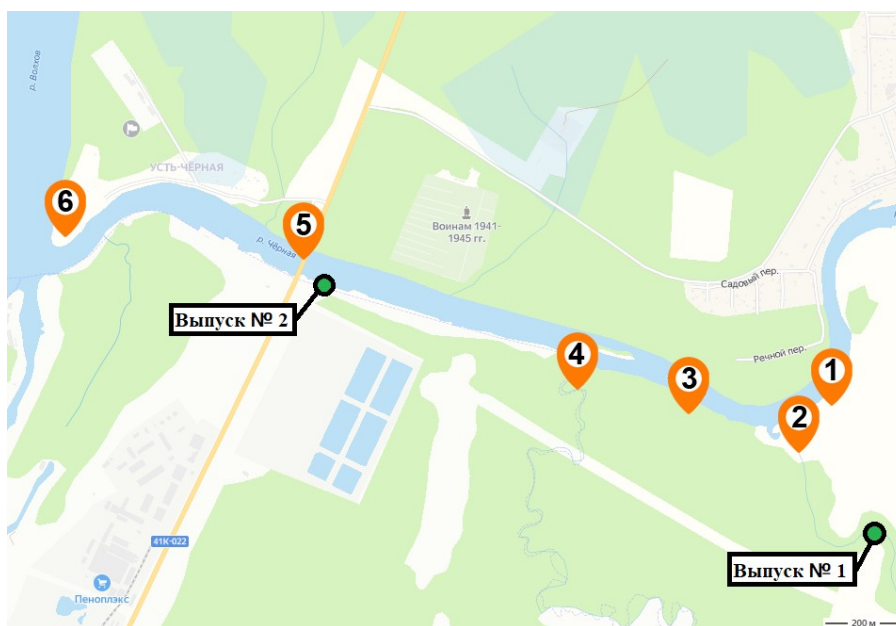


Рисунок 1 - Карта отбора проб воды и донных отложений:

1 – фоновая точка; 2 – р. Росох (приток р. Черная); 3 – среднее течение р. Черная; 4 – р. Жалень (приток р. Черная); 5 – автодорожный мост; 6 – устье р. Черная

DOI: <https://doi.org/10.23649/JAE.2023.34.10.1>

Отбор производили 29.03.23, все пробы отобраны в один день. Пробы воды отбирали в соответствии с ГОСТ 31861-2012 [10]. Для пробоотбора использовали батометр, который закидывали с берега до глубины не ниже 2 метров. В воде определяли: концентрации катионов методом атомно-абсорбционной спектрометрии (ААС) [11], содержание фенольных соединений (флуориметрическая спектрометрия) [12], анионных поверхностно-активных веществ (АПАВ) фотометрическим методом [13], растворенного кислорода и химического потребления кислорода (ХПК) [14]. Концентрацию растворенного кислорода определяли прибором Марк 303э в лабораторных условиях.

Отбор проб донных отложений производили в соответствии с ГОСТ 17.1.5.01-80 [15]. Для пробоотбора в точке 5 использовали дночерпатель Ван-Вина, в остальных донные отложения отбирались в прибрежной зоне на максимально доступной глубине. Для объективности оценки химического состава в каждой точке проводилось пять пробоотборов и готовилась объединенная проба. Донные отложения высушивались до воздушно-сухого состояния, измельчались в фарфоровой ступе до однородного состояния и просеивались через сито с диаметром ячеек 1 мм. Далее в донных отложениях определялось содержание металлов по ГОСТ 33850-2016 [16] и содержание АПАВ по методике [17].

Также была оценена миграционная способность металлов по методике РД 52.18.289-90 [18]. В соответствии с методикой, делали ацетатно-аммонийную вытяжку с рН 4,8. Вытяжка приготавливалась в течение 1 суток, после пропускались через фильтр. Химический состав вытяжек определяли методом атомно-абсорбционной спектрометрии. Полученные значения пересчитывали на навеску донных отложений (3 грамма). Затем переводили в процент от валового содержания, основываясь на данных РФА. Таким образом, миграционную активность оценивали путем определения концентрации высвобождаемых в водную среду металлов под воздействием ацетатно-аммонийной вытяжки, в сравнении с их содержанием в донных отложениях.

Результаты и обсуждение

По результатам анализа воды, проведенного методом ААС (таблица 1), были выявлены превышения нормативов по содержанию железа, алюминия, марганца и кадмия. Как правило, концентрации металлов снижаются по течению

реки, но даже в устье значения остаются достаточно высокими. Согласно полученным данным, источником поступления алюминия и железа в воду является ручей Росох, через который сбрасываются сточные воды.

Таблица 1 - Химический состав воды, определенный методом ААС

DOI: <https://doi.org/10.23649/JAE.2023.34.10.2>

№ п/п	Т.1, мг/л	Т.2, мг/л	Т.3, мг/л	Т.4, мг/л	Т.5, мг/л	Т.6, мг/л	ПДК, мг/л
Координаты точек отбор	59.512534	59.510874	59.512063	59.512836	59.516741	59.517591	–
	32.111227	32.109186	32.103915	32.095600	32.079268	32.064932	
Fe ²⁺	–	0,89	0,79	0,28	0,55	0,31	0,1
Al	–	1,0	1,0	–	0,49	0,35	0,04
Cd	0,0140	–	0,0061	0,0130	0,0084	0,0085	0,005
Mn ²⁺	–	0,012	0,010	0,014	0,0078	0,0022	0,01
Ca ²⁺	5,5	1,5	2,1	5,1	3,2	4,1	180
Na ⁺	69	0,65	9,2	12	18	7,4	120
K ⁺	0,34	0,046	0,094	0,19	0,15	0,14	50
Mg ²⁺	1,20	0,32	0,46	1,0	0,68	0,77	40

Содержание кадмия незначительно превышает допустимые значения во всех точках, за исключением 2, где он не был обнаружен. При этом наиболее высокое значение относится к фоновой точке. Представляется наиболее вероятным, что, с учетом преобладающего направления ветра, высокое содержание кадмия в верхнем течении реки является следствием аэротехногенного переноса с выбросами НПЗ. Однако это предположение требует проверки. Другие катионы во всех пробах присутствовали в концентрациях, не превышающих нормативы.

Результаты химического анализа донных отложений показывают их высокую способность аккумулировать металлы (таблица 2). Анализируемые элементы были выбраны ввиду более вероятного их содержания в сточных водах НПЗ.

Таблица 2 - Содержание металлов в донных отложениях и их миграционная способность МА

DOI: <https://doi.org/10.23649/JAE.2023.34.10.3>

№ п/п	Т.1, мг/кг	Т.2, мг/кг	Т.3, мг/кг	Т.4, мг/кг	Т.5, мг/кг	Т.6, мг/кг	МА (min-max), %
Fe ²⁺	27000 ± 500	10300 ± 300	7169 ± 240	24500 ± 500	16700 ± 400	10900 ± 300	2,31-4,74
Mn ²⁺	445,0 ± 101,4	322,9 ± 77,0	101,7 ± 53,6	320,6 ± 90,5	322,1 ± 82,1	509,3 ± 91,8	0,33-0,77
Zn ²⁺	41,5 ± 16,8	21,2 ± 12,7	27,4 ± 13,0	67,5 ± 18,6	57,6 ± 16,5	49,0 ± 15,4	1,07-3,27
Cu ²⁺	36,5 ± 20,5	-	-	33,4 ± 20,1	-	47,4 ± 19,4	3,32-9,82

Анализ таблицы 2 показывает, что пространственное распределение металлов в донных отложениях отличается от распределения в толще воды, это позволяет уточнить источники их поступления. Например, высокое содержание железа было обнаружено в донных отложениях устья ручья Жалень, что не соответствует результатам анализа воды. В целом исследованные донные отложения можно отнести к умеренно загрязненным. Также следует отметить, что все указанные металлы имеют низкий потенциал к миграции. Даже при повышении кислотности воды в реке маловероятно высвобождение значительного количества любого из представленных элементов. Так как при лабораторных анализах на определение миграционной активности использовали ацетатно-аммонийную вытяжку с кислотным рН (4.8), и такие условия не спровоцировали значительного высвобождения металлов.

При анализе воды на содержание фенольных соединений выявили в реке Черная были выявлены превышения ПДК в несколько раз (рисунок 2).



Рисунок 2 - Результаты анализа содержания фенольных соединений в воде
DOI: <https://doi.org/10.23649/JAE.2023.34.10.4>

При этом наибольшая концентрация 0,033 мг/л наблюдается в ручье Жалень (точка 4), где превышение составляет 30 ПДК. Менее значимым источником поступления является ручей Росох, в которой концентрация составляет 0,0078 мг/л.

При очистке сточных вод от нефтепродуктов используют большое количество анионных поверхностно-активных веществ (АПАВ), которые могут попадать в воду со стоками. В связи с этим был проведен анализ их содержания в воде и донных отложениях. Результаты отражены на рисунке 3.

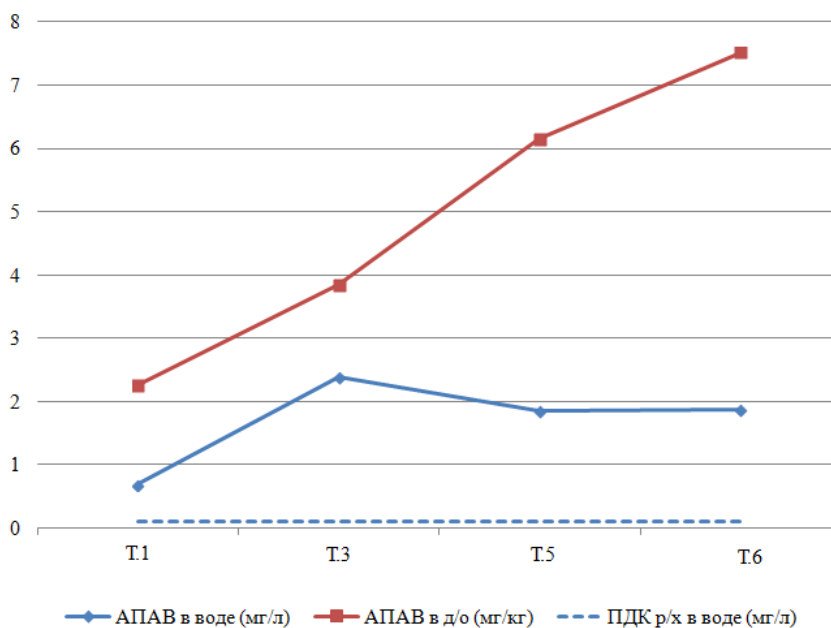


Рисунок 3 - Содержание АПАВ в воде и донных отложениях
DOI: <https://doi.org/10.23649/JAE.2023.34.10.5>

Как видно из графика, в фоновой точке концентрация АПАВ уже превышает норматив, что, вероятно, связано с населенным пунктом, находящимся выше по течению реки. Однако предприятие вносит дополнительный вклад в результате сброса сточных вод. После выпуска №2 концентрация ПДК превышает более чем в 19 раз, а затем, ниже по течению реки Черная, постепенно уменьшается. Источником поступления АПАВ в воду является ручей Росох, где в пробе воды обнаружены наибольшие концентрации (2,13 мг/л). Содержание АПАВ в донных отложениях подтверждает наличие источника загрязнения. Концентрации существенно возрастают вниз по течению исследованного участка реки. Нормативы на содержание поверхностно-активных веществ в донных отложениях не установлены ни на региональном, ни на федеральном уровне, однако рост концентрации в 4 раза говорит об аккумуляции АПАВ донными отложениями и длительном систематическом загрязнении реки.

Так как в водотоке были обнаружены превышения нормативов по металлам (таблица 1), фенолам (рисунок 2) и АПАВ (рисунок 3), была необходима оценка того, как они влияют на такие показатели водоема как химическое потребление кислорода (ХПК) и растворенный кислород. Результаты представлены в таблице 2.

Таблица 3 - Результаты анализов на содержание растворенного кислорода и ХПК

DOI: <https://doi.org/10.23649/JAE.2023.34.10.6>

№ п/п	T.1	T.2	T.3	T.4	T.5	T.6	ПДК
ХПК, мг/л	42,0	102,0	99,0	68,0	97,9	110,0	30,0
Растворенный кислород, мг/л	8,60	8,40	8,10	9,20	8,60	8,32	Не менее 6

Высокие значения ХПК в реке Черная отмечаются в отчете о состоянии окружающей среды [8]. Результаты анализов подтверждают превышения нормативов, установленных для водных объектов. Было отмечено, что характер пространственной динамики значений ХПК коррелирует с содержанием АПАВ (рис.4). Но нельзя сказать, что значения ХПК полностью зависят от концентрации АПАВ в воде. Их содержание лишь оказывает определённое влияние.

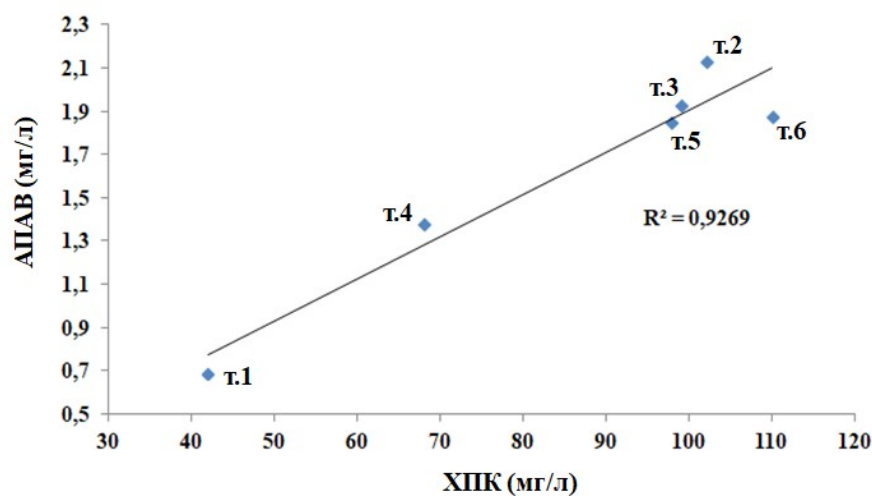


Рисунок 4 - Связь между значениями ХПК и содержанием АПАВ в пробах воды
DOI: <https://doi.org/10.23649/JAE.2023.34.10.7>

Заключение

В ходе исследования был проведен химический анализ проб воды и донных отложений в шести точках на реке Черная и двух её левых притоках.

Были выявлены значительные превышения нормативов по содержанию таких компонентов, как Al, Fe, Mn, фенольные соединения, АПАВ и ХПК. В реке отмечается определенный уровень фоновое загрязнение, но сброс сточных вод в значительной мере усугубляет сложившуюся ситуацию. Отмечено, что основным источником поступления загрязняющих веществ в реку Черная является сброс сточных вод через выпуск № 1 нефтеперерабатывающего предприятия (створ впадения ручья Росох).

Несмотря на то, что сброс производится только в период весеннего половодья, загрязняющие вещества аккумулируются в донных отложениях водного объекта, которые становятся потенциальным источником вторичного загрязнения. Загрязненность донных отложений металлами, с учетом их миграционной способности, можно считать умеренным. Наибольшее влияние на экосистему реки оказывают фенольные соединения и АПАВ, которые в отдельных точках превышают нормативы в десятки раз. Выяснилось, что превышение норматива по ХПК, которое отмечается в государственных докладах, как критический показатель загрязнения для реки Черная, частично связано с концентрациями АПАВ в воде.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

Conflict of Interest

None declared.

Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

Список литературы / References

1. Hara R.V. In Vitro and in Vivo Investigation of the Genotoxic Potential of Waters from Rivers under the Influence of a Petroleum Refinery (São Paulo State–Brazil). / R.V. Hara // *Chemosphere*. — 2017. — 174. — p. 321-330.
2. El-Naas M.H. Petroleum Industry Wastewater: Advanced and Sustainable Treatment Methods. / M.H. El-Naas, A. Banerjee // Elsevier. — 2022. — 1.
3. Jain M. A Review on Treatment of Petroleum Refinery and Petrochemical Plant Wastewater: a Special Emphasis on Constructed Wetlands. / M. Jain // *Journal of Environmental Management*. — 2020. — 272.
4. Al-Khalid T. Organic Contaminants in Refinery Wastewater: Characterization and Novel Approaches for Biotreatment. / T. Al-Khalid, M.H. El-Naas // *Recent Insights Pet. Sci. Eng.* — 2018. — 371.
5. Mammadov V.A. Study of the Anthropogenic Impact on the Change of Geocological Conditions of the Khojahasan Lake. / V.A. Mammadov, A.M. Salamov, H.K. Khalilova // *Notes of the Mining Institute*. — 2019. — 239. — p. 603-610.
6. Strizhenok A.V. The Wastewater Disposal System Modernization during Processing of Amber Deposit as a Way to Reduce the Anthropogenic Load on the Baltic Sea Ecosystem. / A.V. Strizhenok, D.S. Korelskiy, V.S. Kuznetsov // *Journal of Ecological Engineering*. — 2019. — 20.
7. Петров Д.С. Оценка экологического состояния малых водотоков Санкт-Петербурга по показателям зообентоса в 2019-2021. / Д.С. Петров, А.М. Якушева // *Вестник Санкт-Петербургского университета*. — 2022. — 67. — с. 529-544.
8. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2016 году». — М.: Минприроды России; НИА-Природа. — 2017. — 760 с.
9. Газарьянц С.К. Экологические проблемы городов Российской Федерации с нефтеперерабатывающей промышленностью. / С.К. Газарьянц // *Экология и строительство*. — 2015. — 2. — с. 19-21.
10. ГОСТ 31861-2012 Вода. Общие требования к отбору проб. — Введ. 2013-07-01. — М.: Стандартинформ, 2012. — 36 с.
11. Вода. Определение содержания элементов методом атомно-абсорбционной спектроскопии с электротермической атомизацией. — Введ. 2016-10-17. — М.: Стандартинформ, 2016. — 20 с.
12. Методика измерений массовой концентрации фенолов (общих и летучих) в пробах природных, питьевых и сточных вод флуориметрическим методом на анализаторе жидкости «Флюорат-02» — Введ. 2002-03-26. — М.: Министерство природных ресурсов Российской Федерации, 2002. — 29 с.
13. Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений массовой концентрации анионных поверхностно-активных веществ в природных и сточных водах фотометрическим методом с метиленовым синим (микроэкстракция)» — Введ. 2010-04-21. — М.: Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору, 2010. — 12 с.
14. Количественный химический анализ вод. Методика измерений химического потребления кислорода (ХПК) в пробах питьевых, природных и сточных вод фотометрическим методом — Введ. 2005-08-31. — М.: Федеральная служба по надзору в сфере природопользования, 2013. — 14 с.
15. ГОСТ 17.1.5.01-80 Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к отбору проб донных отложений водных объектов для анализа на загрязненность — Введ. 1980-06-24. — М.: ИПК Издательство стандартов, 1980. — 7 с.
16. ГОСТ 33850-2016 Почвы. Определение химического состава методом рентгенофлуоресцентной спектроскопии. — Введ. 2017-07-01. — М.: Стандартинформ, 2019. — 11 с.
17. ПНД Ф 16.1:2.2:3.66-10, «Количественный химический анализ почв. Методика измерений массовой доли анионных поверхностно-активных веществ в пробах почв, грунтов, донных отложений, илов, отходов производства и потребления экстракционно-фотометрическим методом». — Введ. 2010-02-04. — М.: ФГУ "ФЦАО", 2010. — 20 с.
18. РД 52.18.289-90 «Методика выполнения измерений массовой доли подвижных форм металлов (меди, свинца, цинка, никеля, кадмия, кобальта, хрома, марганца) в пробах почвы атомно-абсорбционным анализом» — Введ. 1991-06-01. — М.: Государственный комитет СССР по гидрометеорологии, 1990. — 36 с.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Hara R.V. In Vitro and in Vivo Investigation of the Genotoxic Potential of Waters from Rivers under the Influence of a Petroleum Refinery (São Paulo State–Brazil). / R.V. Hara // *Chemosphere*. — 2017. — 174. — p. 321-330.
2. El-Naas M.H. Petroleum Industry Wastewater: Advanced and Sustainable Treatment Methods. / M.H. El-Naas, A. Banerjee // Elsevier. — 2022. — 1.
3. Jain M. A Review on Treatment of Petroleum Refinery and Petrochemical Plant Wastewater: a Special Emphasis on Constructed Wetlands. / M. Jain // *Journal of Environmental Management*. — 2020. — 272.
4. Al-Khalid T. Organic Contaminants in Refinery Wastewater: Characterization and Novel Approaches for Biotreatment. / T. Al-Khalid, M.H. El-Naas // *Recent Insights Pet. Sci. Eng.* — 2018. — 371.
5. Mammadov V.A. Study of the Anthropogenic Impact on the Change of Geocological Conditions of the Khojahasan Lake. / V.A. Mammadov, A.M. Salamov, H.K. Khalilova // *Notes of the Mining Institute*. — 2019. — 239. — p. 603-610.
6. Strizhenok A.V. The Wastewater Disposal System Modernization during Processing of Amber Deposit as a Way to Reduce the Anthropogenic Load on the Baltic Sea Ecosystem. / A.V. Strizhenok, D.S. Korelskiy, V.S. Kuznetsov // *Journal of Ecological Engineering*. — 2019. — 20.
7. Petrov D.S. Ocenka e'kologicheskogo sostoyaniya maly'x vodotokov Sankt-Peterburga po pokazatelyam zoobentosa v 2019-2021 [An Assessment of the Ecological State of Small Rivers of St Petersburg According to the Benthic Macroinvertebrates Indicators in 2019–2021]. / D.S. Petrov, A.M. Yakusheva // *Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta [The Bulletin of Saint Petersburg University]*. — 2022. — 67. — p. 529-544. [in Russian]

8. Gosudarstvennyj doklad «O sostoyanii i ob ohrane okruzhayushchej sredy Rossijskoj Federacii v 2016 godu» [State Report "On the State and Protection of the Environment in the Russian Federation in 2016"] — Moscow: Ministry of Natural Resources of Russia; NIA-Priroda. — 2017. — 760 p. [in Russian]
9. Gazar'yancz S.K. E'kologicheskie problemy' gorodov Rossijskoj Federacii s neftepererabatyvayushhej promyshlennost'yu [Ecological Issues of Cities in the Russian Federation with Oil Refining Industry]. / S.K. Gazar'yancz // E'kologiya i stroitel'stvo [Ecology and Construction]. — 2015. — 2. — p. 19-21. [in Russian]
10. GOST 31861-2012 Voda. Obshhie trebovaniya k otboru prob [GOST 31861-2012 Water. General requirements for sampling]. — Introduced 2013-07-01. — M.: Standartinform, 2012. — 36 p. [in Russian]
11. Voda. Opredelenie sodержaniya e'lementov metodom atomno-absorbcionnoj spektrometrii s e'lektrotermicheskoj atomizaciej [Water. Determination of Element Content by Atomic Absorption Spectrometry with Electrothermal Atomization]. — Introduced 2016-10-17. — M.: Standartinform, 2016. — 20 p. [in Russian]
12. Metodika izmerenii massovoi kontsentratsii fenolov (obshchikh i letuchikh) v probakh prirodnykh, pitevnykh i stochnykh vod fluorimetricheskim metodom na analizatore zhidkosti «Flyuorat-02» [Measurement Technique for the Mass Concentration of Phenols (Total and Volatile) in Samples of Natural, Drinking, and Wastewater Using the Fluorimetric Method on the Liquid Analyzer "Fluorat-02"] — Introduced 2002-03-26. — M.: Ministry of Natural Resources of the Russian Federation, 2002. — 29 p. [in Russian]
13. Kolichestvennii khimicheskii analiz vod. Metodika vipolneniya izmerenii massovoi kontsentratsii anionnykh poverkhnostno-aktivnykh veshchestv v prirodnykh i stochnykh vodakh fotometricheskim metodom s metilenvim sinim (mikroekstraksiya)» [Quantitative Chemical Analysis of Water. Measurement Technique for the Mass Concentration of Anionic Surfactants in Natural and Wastewater Using the Photometric Method with Methylene Blue (Microextraction)] — Introduced 2010-04-21. — M.: Federal Environmental, Industrial and Nuclear Supervision Service, 2010. — 12 p. [in Russian]
14. Kolichestvennii khimicheskii analiz vod. Metodika izmerenii khimicheskogo potrebleniya kisloroda (KhPK) v probakh pitevnykh, prirodnykh i stochnykh vod fotometricheskim metodom [Quantitative Chemical Analysis of Water. Measurement Technique for Chemical Oxygen Demand (COD) in Samples of Drinking, Natural, and Wastewater Using the Photometric Method] — Introduced 2005-08-31. — M.: Federal Service for Supervision of the Use of Natural Resources, 2013. — 14 p. [in Russian]
15. GOST 17.1.5.01-80 Okhrana prirodi. Gidrosfera. Obshchie trebovaniya k otboru prob donnykh otlozhenii vodnykh obektov dlya analiza na zagryaznennost [GOST 17.1.5.01-80 Nature protection. Hydrosphere. General requirements for sampling of bottom sediments of water objects for their pollution analysis] — Introduced 1980-06-24. — M.: IPK Standards Publishing House, 1980. — 7 p. [in Russian]
16. GOST 33850-2016 Pochvy'. Opredelenie ximicheskogo sostava metodom rentgenofluorescentnoj spektrometrii [GOST 33850-2016 Soils. Determination of chemical composition by X-ray fluorescence spectrometry]. — Introduced 2017-07-01. — M.: Standartinform, 2019. — 11 p. [in Russian]
17. PND F 16.1:2.2:3.66-10, «Kolichestvennyj ximicheskij analiz pochv. Metodika izmerenij massovoj doli anionny'x poverkhnostno-aktivny'x veshchestv v probax pochv, gruntov, donny'x otlozhenij, ilov, otxodov proizvodstva i potrebleniya e'kstrakcionno-fotometricheskim metodom» [PND F 16.1:2.2:3.66-10, "Quantitative Chemical Analysis of Soils. Measurement Technique for the Mass Fraction of Anionic Surface-Active Substances in Soil Samples, Sediments, Sludge, Industrial Waste, and Consumption by Extraction-Photometric Method"]. — Introduced 2010-02-04. — M.: FGU "FCZAO", 2010. — 20 p. [in Russian]
18. RD 52.18.289-90 «Metodika vipolneniya izmerenii massovoi doli podvizhnykh form metallov (medi, svintsya, tsinka, nikelya, kadmiya, kobalta, khroma, margantsa) v probakh pochvi atomno-absorbtsionnim analizom» [RD 52.18.289-90 "Measurement Technique for Determining the Mass Fraction of Mobile Forms of Metals (Copper, Lead, Zinc, Nickel, Cadmium, Cobalt, Chromium, Manganese) in Soil Samples by Atomic Absorption Analysis"] — Introduced 1991-06-01. — M.: USSR State Committee for Hydrometeorology, 1990. — 36 p. [in Russian]