

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
РОССИЙСКИЙ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ Д.И. МЕНДЕЛЕЕВА
(РХТУ им. Д.И. Менделеева)
Факультет цифровых технологий и химического инжиниринга
Кафедра информационных компьютерных технологий

ОТЧЕТ
О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

Анализ воды на содержание нефтепродуктов: методы, проблемы и
экологическое значение

Исполнитель НИР:
Студентка группы ЕН-21
Сукрышева А.Е.

Руководитель НИР:
к.т.н. Зубов Д.В.

Москва 2025

РЕФЕРАТ

Отчет 20 с., 11 рис., 7 источников Анализ воды, нефтепродукты в воде, загрязнение воды
экологический контроль, методы анализа, лабораторный анализ, экспресс-тесты

Объектом исследования являются вода природных и техногенных источников, загрязненная нефтепродуктами.

Цель работы – систематизировать и проанализировать методы определения нефтепродуктов в воде, выявить их сравнительные преимущества, проблемы применения и экологическую значимость проводимого контроля.

В процессе работы проводились поиск и анализ публикаций и патентов по этой теме, анализ отчета с платформы INVENTORUS.

В результате анализа публикаций и патентов было установлено, что данная тема имеет высокую актуальность.

Оглавление

<u>Введение</u>	4
Русскоязычный поиск	6
Англоязычный поиск.....	13
<u>Отчет платформы INVENTORUS</u>	16
<u>Заключение</u>	19
Список литературы.....	20

Введение

Вода является основой жизни и ключевым ресурсом для устойчивого развития биосферы и человеческой цивилизации. Однако в условиях интенсивной антропогенной нагрузки водные объекты становятся конечными приемниками многочисленных загрязняющих веществ, среди которых особую опасность представляют нефтепродукты. Это обширная группа органических соединений, попадающих в гидросферу в результате аварийных разливов нефти, сбросов промышленных и сточных вод, судоходства и атмосферных переносов. Их присутствие, даже в относительно низких концентрациях, способно нанести необратимый ущерб водным экосистемам, биоразнообразию, а также создать прямую угрозу для здоровья человека через питьевую воду и пищевые цепи.

Актуальность систематического анализа воды на содержание нефтепродуктов определяется их высокой токсичностью, устойчивостью в окружающей среде и способностью к биоаккумуляции. Нефтяные углеводороды нарушают кислородный режим водоемов, оказывают мутагенное и канцерогенное действие на живые организмы, а также приводят к долгосрочной деградации акваторий. В связи с этим разработка, совершенствование и практическое применение эффективных методов их детекции и quantification становятся важнейшей задачей аналитической химии и экологического мониторинга.

На сегодняшний день существует широкий спектр методов определения нефтепродуктов в воде — от классических гравиметрических и оптических (ИК-спектрофотометрия, флуориметрия) до высокоточных инструментальных, таких как газовая хроматография с масс-спектрометрическим детектированием (ГХ-МС). Каждый из этих подходов имеет свои пределы обнаружения, селективность, трудоемкость и область применения, регламентируемую национальными и международными стандартами. Однако их практическое использование сопряжено с рядом проблем: сложность пробоподготовки из-за гетерогенности проб и наличия мешающих примесей, недостаточная селективность ряда стандартных методов, высокая стоимость и требовательность к квалификации персонала для работы с высокотехнологичным оборудованием, а также нормативные расхождения в трактовке самого понятия «нефтепродукты».

Экологическое значение точного и своевременного анализа невозможно переоценить. Он лежит в основе оценки состояния водных объектов, установления фактов и источников загрязнения, расчета экологического ущерба, а также контроля эффективности природоохранных и

водоочистных мероприятий. Данные аналитического контроля являются отправной точкой для принятия управленческих решений в области охраны окружающей среды и обеспечения экологической безопасности.

Таким образом, целью настоящего обзора является систематизация современных методов анализа воды на содержание нефтепродуктов, критический анализ их возможностей, основных проблем и ограничений, а также оценка их экологического значения для мониторинга и охраны водных ресурсов. В работе рассматриваются как нормативно закреплённые методики, так и перспективные разработки в данной области.

Русскоязычный поиск

Тема: анализ воды на содержание нефтепродуктов: методы, проблемы и экологическое значение

Ключевые слова

- Анализ воды на содержание нефтепродуктов - 259 публикаций
- Проблемы содержания в воде нефтепродуктов- 235 публикации
- Экологическое значения содержания в воде нефтепродуктов- 190 публикаций
- Методы борьбы с нефтепродуктами, содержащимися в воде- 9 публикация

Наиболее релевантные статьи

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ РЕК МОСКВЫ: ИСТОРИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ АСПЕКТ

ВОРОНОВА Т.С. ¹, ГАЙВОРОН Т.Д. ¹, МАЙНАШЕВА Г.М. ¹

¹ Московский городской педагогический университет, Москва, Россия

Тип: статья в журнале - научная статья Язык: русский

Номер: 1-1 (57) Год: 2025 Страницы: 37-47

Поступила в редакцию: 26.11.2024 Принята к печати: 05.12.2024

УДК: 502

ЖУРНАЛ:

ВЕСТНИК МГПУ. СЕРИЯ: ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ

Учредители: Московский городской педагогический университет

ISSN: 2076-9091

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ РЕК, ИСТОЧНИКИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ РЕК, ЗАГРЯЗНЯЮЩИЕ ВЕЩЕСТВА, МОНИТОРИНГ ЗАГРЯЗНЕНИЯ РЕЧНЫХ ВОД, ПРИРОДНЫЕ ЛАНДШАФТЫ, АНТРОПОГЕННЫЕ ЛАНДШАФТЫ, ГОРОДСКИЕ ЛАНДШАФТЫ

АННОТАЦИЯ:

В статье рассмотрены проблемы, связанные с экологическим состоянием рек в городской среде на примере Москвы. Дан историко-географический обзор экологических особенностей рек города в конце XIX - первой трети XX в. и анализ современного состояния основных водотоков - реки Москвы и ее крупнейших притоков: Сетуни, Сходни, Яузы. На основании анализа статистических данных выявлены изменения концентрации некоторых загрязняющих веществ в указанных реках за несколько лет и степень антропогенной трансформации экосистем речных долин. Показана роль особо охраняемых природных территорий (ООПТ) в улучшении экологического состояния и сохранении рек Москвы.

МЕТОДЫ ОЧИСТКИ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ ПО ТРАССАМ НЕФТЕПРОВОДОВ

КОРОЛЁВ В.А.¹, САМАРИН Е.Н.¹, ГРИГОРЬЕВА И.Ю.¹, НИКОЛАЕВА С.К.¹,
ЧЖАН Ш.², ЧЖАН Ц.²

¹ МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

² Северо-восточный университет лесного хозяйства, Харбин, Китай

Тип: статья в журнале - научная статья Язык: русский

Том: 7 Номер: 1 Год: 2025 Страницы: 6-24

Принята к печати: 30.05.2025

УДК: 502.64, 504.06

ЖУРНАЛ:

ГЕОИНФО

Учредители: Ананко Виктор Николаевич

eISSN: 2949-0677

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ СРЕДА, МЕТОДЫ ОЧИСТКИ ГРУНТОВ, НЕФТЯНЫЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ, ТРАССЫ
НЕФТЕПРОВОДОВ

АННОТАЦИЯ:

В статье рассмотрены современные методы очистки геологической среды от нефтяных загрязнений по трассам нефтяных трубопроводов, в том числе в условиях Сибири и криолитозоны. Приведена рациональная схема очистки грунтов от нефтяных загрязнений. Проанализированные методики можно рассматривать как общие для решения аналогичных проблем не только в России, но и в Китайской Народной Республике. Также необходимо учитывать их при инженерно-экологических изысканиях и исследованиях на загрязненных территориях.



ЭКОТОКСИКОКИНЕТИКА КАК РАЗДЕЛ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ТОКСИКОЛОГИИ (ОБЗОР)

АГАПКИНА Г.И.¹, СТОЛБОВА В.В.¹, ЩЕГЛОВ А.И.¹, ЛИПАТОВ Д.Н.¹,
МАНАХОВ Д.В.¹

¹ МГУ имени М.В. Ломоносова, Россия, Москва

Тип: статья в журнале - научная статья Язык: русский

Том: 80 Номер: 2 Год: 2025 Страницы: 22-34

Поступила в редакцию: 09.11.2024 Принята к печати: 24.02.2025

УДК: 574:57.044:504.5:615.9

ЖУРНАЛ:

ВЕСТНИК МОСКОВСКОГО УНИВЕРСИТЕТА. СЕРИЯ 17: ПОЧВОВЕДЕНИЕ

Учредители: Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова

ISSN: 0137-0944 eISSN: 2949-6144

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

ИСТОЧНИКИ, РАСПРЕДЕЛЕНИЕ, БИОНАКОПЛЕНИЕ, БИОТРАНСФОРМАЦИЯ ЭКОТОКСИКАНТОВ,
УДАЛЕНИЕ ЭКОТОКСИКАНТОВ, МОНИТОРИНГ ЗАГРЯЗНЕНИЯ, РЕМЕДИАЦИЯ ЭКОСИСТЕМ,
ЛЕКАРСТВЕННЫЕ СРЕДСТВА, МИКРОПЛАСТИК, НАНОЧАСТИЦЫ

АННОТАЦИЯ:

В обзоре рассмотрены основные достижения экотоксикокинетики как раздела экотоксикологии в исследовании закономерностей распространения, аккумуляции и трансформации экотоксикантов в окружающей среде и влияния этих процессов на проявление токсических эффектов в экосистемах. Показана роль экотоксикокинетики в разработке методов удаления токсикантов из экосистем с помощью биodeградации и биоаккумуляции и совершенствовании мониторинга загрязнения природных сред. Особое внимание уделено актуальным исследованиям поведения лекарственных средств, микропластиков и наночастиц в компонентах экосистем, анализу возникших проблем и подходам к их решению в рамках экотоксикокинетики.

Авторы
ГУМЕРОВ ФАРИД МУХАМЕДОВИЧ
 Казанский национальный исследовательский технологический университет,
 кафедра (Казань) и его профиль на рисунке 1

ОБЩИЕ ПОКАЗАТЕЛИ	
Название показателя	Значение
Число публикаций на elibrary.ru	96
Число публикаций в РИНЦ	46
Число публикаций, входящих в ядро РИНЦ	5
Число цитирований из публикаций на elibrary.ru	126
Число цитирований из публикаций, входящих в РИНЦ	103
Число цитирований из публикаций, входящих в ядро РИНЦ	23
Индекс Хирша по всем публикациям на elibrary.ru	5
Индекс Хирша по публикациям в РИНЦ	5
Индекс Хирша по ядру РИНЦ	2
Число публикаций, процитировавших работы автора	90
Число ссылок на самую цитируемую публикацию	14
Число публикаций автора, процитированных хотя бы один раз	22 (47,8%)
Среднее число цитирований в расчете на одну публикацию	1,85
Индекс Хирша без учета самоцитирований	5
Индекс Хирша по ядру РИНЦ без учета самоцитирований	2
Индекс Хирша с учетом только статей в журналах	4
Год первой публикации	2007
Число самоцитирований	2 (1,9%)
Число цитирований соавторами	30 (29,1%)
Число соавторов	35
Число статей в зарубежных журналах	0 (0,0%)
Число статей в российских журналах	15 (32,6%)
Число статей в российских журналах из перечня ВАК	13 (28,3%)
Число статей в российских переводных журналах	0 (0,0%)

Рисунок 1 – Профиль Гумеров Фарид Мухамедович

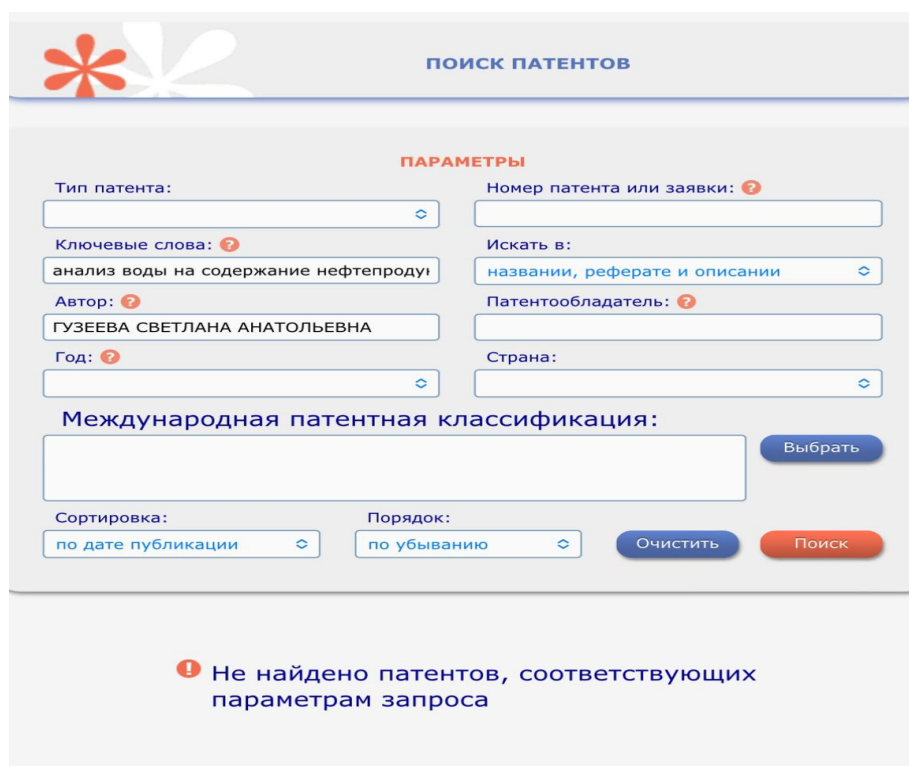
Гузеева С. А.

Тюменский индустриальный университет, Тюменский государственный архитектурно-строительный университет, кафедра техносферной безопасности (Тюмень)

?	Число публикаций на elibrary.ru	591
?	Число публикаций в РИНЦ	545
?	Число публикаций, входящих в ядро РИНЦ	230
?	Число цитирований из публикаций на elibrary.ru	3709
?	Число цитирований из публикаций, входящих в РИНЦ	3569
?	Число цитирований из публикаций, входящих в ядро РИНЦ	2023
?	Индекс Хирша по всем публикациям на elibrary.ru	23
?	Индекс Хирша по публикациям в РИНЦ	23
?	Индекс Хирша по ядру РИНЦ	18
?	Число публикаций, процитировавших работы автора	1694
?	Число ссылок на самую цитируемую публикацию	120
?	Число публикаций автора, процитированных хотя бы один раз	369 (67,7%)
?	Среднее число цитирований в расчете на одну публикацию	4,25
?	Индекс Хирша без учета самоцитирований	16
?	Индекс Хирша по ядру РИНЦ без учета самоцитирований	11
?	Индекс Хирша с учетом только статей в журналах	19
?	Год первой публикации	1972
?	Число самоцитирований	1649 (46,2%)
?	Число цитирований соавторами	2347 (65,8%)
?	Число соавторов	399
?	Число статей в зарубежных журналах	62 (11,4%)
?	Число статей в российских журналах	320 (58,7%)
?	Число статей в российских журналах из перечня ВАК	317 (58,2%)
?	Число статей в российских переводных журналах	141 (25,9%)
?	Число статей в журналах с ненулевым импакт-фактором	304 (55,8%)

Рисунок 2 – Профиль Гузеева С. А.

Патенты. Не найдено по обоим авторам в соответствии с рисунками 3,4



ПОИСК ПАТЕНТОВ

ПАРАМЕТРЫ

Тип патента:

Номер патента или заявки:

Ключевые слова:

Искать в:

Автор:

Патентообладатель:

Год:

Страна:

Международная патентная классификация:

Выбрать

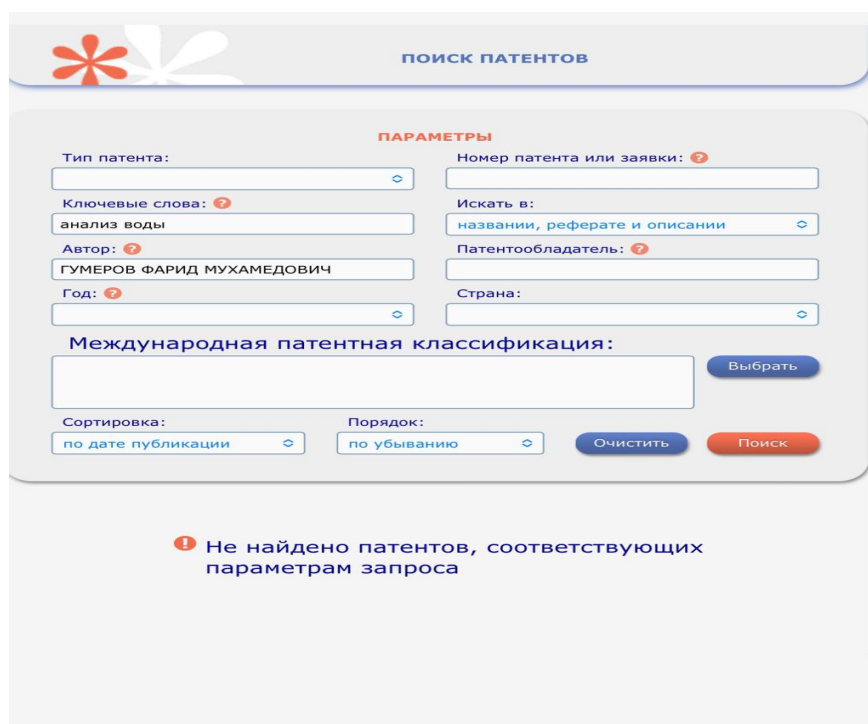
Сортировка:

Порядок:

Очистить Поиск

! Не найдено патентов, соответствующих параметрам запроса

Рисунок 3 – Гузеева С. А.



ПОИСК ПАТЕНТОВ

ПАРАМЕТРЫ

Тип патента:

Номер патента или заявки:

Ключевые слова:

Искать в:

Автор:

Патентообладатель:

Год:

Страна:

Международная патентная классификация:

Выбрать

Сортировка:

Порядок:

Очистить Поиск

! Не найдено патентов, соответствующих параметрам запроса

УДК в соответствии с рисунком 5

УДК 543.3

Анализ воды

вверх домой

код УДК	описание	примечания
543.31	Определение загрязнений воды. Определение содержания примесей в целом	
543.32/.34	Определение неорганических соединений в целом	
543.32	Определение общей жесткости	
543.33	Определение отдельных катионов	
543.34/.344		Исключены 1977 см. 543.373/.373.7
543.34	Определение отдельных анионов	
543.35	(Содержание сероводорода и сульфидов)	Исключить см. 543.375, 543.34:546.221.1
543.36/.363		Исключить см. 543.34:546.284
543.37	Определение содержания растворенных газов	
543.38	Определение содержания органических веществ (примесей)	
543.39	Содержание отдельных продуктов (групп веществ)	см. 578/579 Микробиология. Бактериология. Вирусология (Микробиологические исследования воды) см. 543.9

Рисунок 5– код УДК

Особенно подходит статья 543.31, так как в этой статье происходит анализ всех примесей в целом.

Вывод

Проведённый анализ русскоязычных источников показал, что тема является актуальной в России. Об этом говорит наличие свежих публикаций и хорошо цитируемых работ. При этом анализ не выявил практической значимости этих исследований на данный момент, потому что патенты у ведущих авторов в этой области отсутствуют.

1. Англоязычный поиск

Ключевые слова: Oil in water analysis, Petroleum hydrocarbons in water, Water quality monitoring, Environmental pollution monitoring, Hydrocarbon contamination, Infrared (IR) spectroscopy, Gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS), Sample preparation for water analysis, Extraction methods

Количество результатов по ключевым словам на SpringerNatureLinc – 22 публикации в соответствии с рисунком 6:

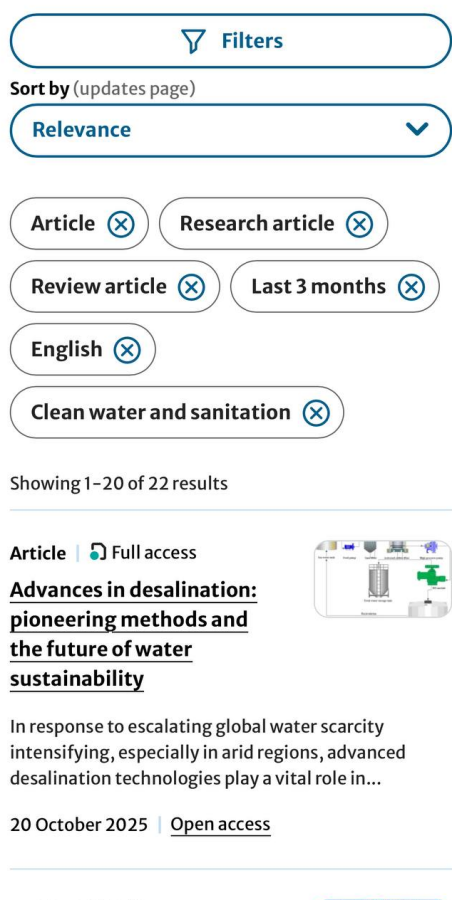


Рисунок 6 – Поисковый запрос по ключевым словам на SpringerNatureLinc

1. H Surface water quality evaluation impacting drinking water sources and sanitation using water quality index, multivariate techniques, and interpretable machine learning models in Mahanadi River, Odisha (India) и более интересные статьи:

- Журнал: Review of Managerial Science, 2025, том 47, страницы 497
- Q1: 0.871
- H-Index: 99
- Авторы: Ruby Hui Pan, Andrey Grigoriev
- Цитирований статьи: 2

2. Carbon-Neutral Granular Filtration for Sustainable and Safe Rainwater Harvesting in Urban Malaysia

- Q1: 0,659
- H-Index: 141
- Авторы: Mohammad Nur-E-Alam,MD. Helal Uddin, I, Saurav Dixit, Boon Kar Yap, Mohammad, Tariqul Islam & Nowshad Amin
- Цитирований статьи: 0
- Журнал: Water, Air, & Soil Pollution, 2025, том 236,страница 926

91008804. Functional MOF composites featuring bimetallic nodes and POM units for enhanced wastewater treatment

- Журнал: Adsorption ,2025, том 31, номер статьи 105
- Q1: 0,656
- H-Index: 88
- Авторы: Anushka Rawat, Divyanshi Chauhan, Isha Riyal Himani Sharma & Charu Dwivedi
- Цитирований статьи: 2

4. The role of microalgae and genetic engineering in transforming sustainable animal nutrition: a comprehensive review.

- Журнал : Discover Applied Sciences:, 2023, том 7, номер статьи 1244
- Q1: 0,543
- H-Index: 74
- Авторы: Subhisha Raj, Pukkalla /yothsna, Vaddi Lasya Vaddi Ramya, Arathi Sreenikethanam, Krishna Kumar M., M. Gobi, Sachin Kumar Mandotra, Nirmala Sehrawat & Amit K. Bajhaiya
- Цитирований статьи: 0

91008940. Long-Term Effects of Treated Wastewater Irrigation on Soil Quality and Pathogen Contamination in a Semi-Arid Region: A Case Study from El Hajeb, Sfax, Tunisia

- Журнал: Eurasian Soil Science, 2025, том 58, номер статьи 165
- Q1: 0,475
- H-Index: 45
- Авторы: B. Debbabi , A. Ben Hassena, N.L.Mathlouthi
- A. Elleuch, S. Maktouf, R.Gdoura, L. Khannous & B. Ben Rouina
- Цитирований статьи: 0

Результаты поиска патентов некоторых авторов:

1. Mohammad Nur-E-Alam – 1 патент по выбранной теме в соответствии с рисунком 7:

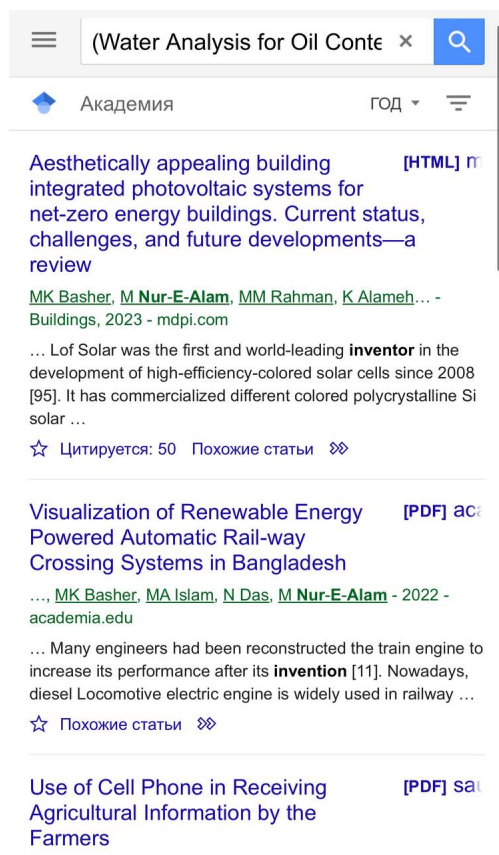
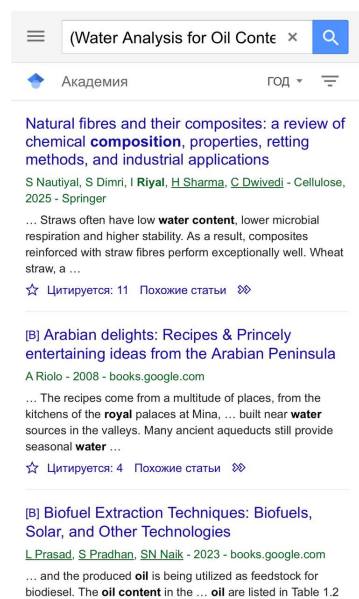


Рисунок 7 – Поиск патентов Mohammad Nur-E-Alam

2. Isha Riyal – 1 патент по выбранной теме в соответствии с рисунком 8



1.Отчет платформы INVENTORUS

Платформа INVENTORUS продемонстрировала возможность масштабного анализа научной и патентной информации, выдав значительное количество публикаций и патентов из разных стран в соответствии с рисунками 9-10:



Рисунок 9 – Топ-3 стран по количеству публикаций

ОБЩАЯ БАЗА ПЛАТФОРМЫ

171 320 689 патентов; 271 149 053 публикаций

По тематике запроса найдено:

183 патентов; 12 стран

Динамика активности по тематике запроса:

Пик 2018 г. — 29 патентов; 2008 г. — первый патент

Топ-3 стран по запросу

	Китай	191
	Россия	18
	Корея	15

Рисунок 10 – Топ-3 стран по количеству патентов

Среди авторов, имеющих наибольшее количество патентов по выбранной теме в международной базе, выделяются авторы из Китая и России. Первые места по патентной активности занимают ученые из Китая в соответствии с рисунком 11:

Топ авторов по тематике запроса

		Патентов всего	Из них по запросу
	张建军	14 647	4
	江勇	2 547	3
	黄俊凯	516	3
	骆海涛	232	3
	黄健光	133	3
	Alex Kass	127	3
	龚海里	63	3
	杨晟堂	12	3
	钟立浩	5	3
	沈佟铃	4	3

Рисунок 11 – Топ авторов по количеству патентов

Вывод: проведенный анализ с использованием платформы INVENTORUS подтвердил высокую актуальность темы загрязнения воды в мировом научном сообществе. При этом платформа INVENTORUS позволяет получить более структурированный, подробный и точный отчет за счёт автоматизированного сбора и обработки данных из множества источников, что значительно ускоряет и облегчает проведение комплексных научно-аналитических исследований по сравнению с традиционным ручным поиском.

Заключение

Проведенный обзор показал, что анализ воды на нефтепродукты — это важная и востребованная задача. Главный вывод можно сформулировать так: есть два разных подхода к анализу. С одной стороны, наука развивает сложные и точные методы, которые могут «увидеть» каждый отдельный вредный компонент в нефти. С другой стороны, в повседневной практике (на очистных сооружениях, в лабораториях Роспотребнадзора) чаще используют более простые и дешёвые методы, которые измеряют «нефтепродукты в целом». Это часто создает сложности при сопоставлении данных.

Несмотря на методические сложности, такой контроль жизненно необходим. Он работает как «система раннего оповещения»: помогает быстро находить загрязнение, оценивать его масштабы, доказывать виновников и проверять, работают ли очистные сооружения. Без этого анализа защита рек, озёр и питьевой воды была бы невозможна.

Что можно улучшить в будущем:

1. Создать «быстрые тест-полоски» для нефтепродуктов. Чтобы, как тест на COVID, можно было оперативно проверить воду на месте аварии или сброса.
2. Упростить и унифицировать правила. Сделать так, чтобы все лаборатории страны трактовали термин «нефтепродукты» одинаково и сравнивали сопоставимые результаты.
3. Внедрять «цифру». Использовать компьютерные программы (искусственный интеллект) для анализа данных с датчиков, чтобы не только фиксировать загрязнение, но и автоматически предсказывать, куда оно распространится и какой нанесёт ущерб.

Таким образом, совершенствование методов анализа — это не просто техническая задача для химиков, а прямой вклад в экологическую безопасность и здоровье людей.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Воронова Т.С., Гайворон Т.Д., Майнашева Г.М. Экологическое состояние рек Москвы: историко-географический аспект // Вестник МГПУ. Серия: Естественные науки. – 2025. – № 1-1 (57). – С. 37-47. – УДК 502. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=82388088> (дата обращения: 26.05.2024).
2. Королёв В.А., Самарин Е.Н., Григорьева И.Ю., Николаева С.К., Чжан Ш., Чжан Ц. Методы очистки геологической среды по трассам нефтепроводов. – 2025. – Т. 7, № 1. – С. 6-24. – УДК 502.64, 504.06. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=82518755> (дата обращения: 26.05.2024).
3. Агапкина Г.И., Столбова В.В., Щеглов А.И., Липатов Д.Н., Манахов Д.В. Экотоксикокинетика как раздел экологической токсикологии (обзор). – 2025. – Т. 80, № 2. – С. 22-34. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=82606427> (дата обращения: 26.05.2024).
4. Rawat A., Chauhan D., Riyal I., Sharma H., Dwivedi C. Functional MOF composites featuring bimetallic nodes and POM units for enhanced wastewater treatment // Adsorption. – 2025. – Vol. 31. – Art. 105. URL: <http://link.springer.com> (дата обращения: 27.05.2024).
5. Raj S., Jyothsna P., Ramya V.L., Sreenikethanam A., Kumar M.K., Gobi M., Mandotra S.K., Sehrawat N., Bajhaiya A.K. The role of microalgae and genetic engineering in transforming sustainable animal nutrition: a comprehensive review // Discover Applied Sciences. – 2023. – Vol. 7. – Art. 1244. URL: <http://link.springer.com> (дата обращения: 27.05.2024).
6. Debbabi B., Ben Hassena A., Mathlouthi N.L., Elleuch A., Maktouf S., Gdoura R., Khannous L., Ben Rouina B. Long-Term Effects of Treated Wastewater Irrigation on Soil Quality and Pathogen Contamination in a Semi-Arid Region: A Case Study from El Hajeb, Sfax, Tunisia // Eurasian Soil Science. – 2025. – Vol. 58. – Art. 165. URL: <http://link.springer.com> (дата обращения: 27.05.2024).
7. Nur-E-Alam M., Uddin M.H., Dixit S., Yap B.K., Islam M.T., Amin N. Carbon-Neutral Granular Filtration for Sustainable and Safe Rainwater Harvesting in Urban Malaysia // [Название журнала отсутствует]. – 2025. – Vol. 236. – Art. 926. URL: <http://link.springer.com> (дата обращения: 27.05.2024).