

ВЗАИМОСВЯЗЬ ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И СТРУКТУРЫ МИКРОБНОГО СООБЩЕСТВА ВОДОТОКОВ ТЕРРИТОРИЙ НЕФТЕДОБЫЧИ В ХАНТЫ-МАНСИЙСКОМ АВТОНОМНОМ ОКРУГЕ – ЮГРЕ

© 2021

Арсланова М.М., Шорникова Е.А.

Сургутский государственный университет

(г. Сургут, Ханты-Мансийский автономный округ – Югра, Российская Федерация)

Аннотация. Мониторинг природной среды и состояние природных ресурсов, определение источников загрязнения и анализирование дальнейшего состояния является актуальной и важной задачей, так как именно от качества объектов окружающей среды во многом зависит состояние здоровья человека, который является неотъемлемой частью природной экосистемы. В данной работе представлен статистический анализ результатов экологического мониторинга водотоков в границах лицензионных участков нефтяных месторождений Ханты-Мансийского автономного округа – Югры за 2018–2019 гг. Для выявления взаимосвязей между выборками гидрохимических показателей и численности микроорганизмов различных эколого-трофических групп был выполнен корреляционный анализ (по Пирсону). В результате проведения корреляционного анализа взаимосвязи показателей химического состава воды была получена прямая и обратная корреляция для следующих показателей: железо общее, АПАВ, никель фенолы, медь, сульфаты, ионы аммония, свинца, фосфатов, марганца. Максимальное значение коэффициента корреляции наблюдается для связи Ni-Cr. Для железа общего и марганца прослеживается также значимая положительная корреляция. В результате неоднородного состава вод и постоянно развивающегося воздействия на окружающую среду нефтегазовой промышленности, группировка химических элементов в поверхностных водах рек не имеет четко выраженной корреляционной зависимости.

Ключевые слова: поверхностные воды; микробиологические показатели; показатели химического состава; корреляционный анализ; статистическая обработка данных; нефтяные месторождения; коэффициент корреляции; антропогенное воздействие; загрязняющие вещества; Ханты-Мансийский автономный округ – Югра.

INTERRELATION OF HYDROCHEMICAL INDICATORS AND THE MICROBIAL COMMUNITY STRUCTURE IN THE RIVERS WITHIN OIL FIELDS OF THE KHANTY-MANSI AUTONOMOUS OKRUG – YUGRA

© 2021

Arslanova M.M., Shornikova E.A.

Surgut State University (Surgut, Khanty-Mansi Autonomous Okrug – Yugra, Russian Federation)

Abstract. Assessing the quality of environmental objects, identifying the causes of pollution and predicting the future state is an urgent and important task, since it is the quality of natural objects that largely determines the state of human health. This paper presents results of the statistical analysis of the data of water quality monitoring in the rivers within oil fields of the Khanty-Mansi Autonomous Okrug – Yugra during 2018–2019. The correlation analysis (according to Pearson) was carried out to identify the relationships between the samples of hydrochemical parameters and the number of microorganisms of various ecological-trophic groups. As a result of the correlation analysis of the relationship between the indicators of the chemical composition of water, a direct and inverse correlation was obtained for the following indicators: total iron, anionic surfactants, nickel, phenols, copper, sulfates, ammonium ions, lead, phosphates, manganese. The maximum value of the correlation coefficient is observed for Ni and Cr concentrations. For total iron and manganese, a significant positive correlation is also revealed. The distribution of chemical compounds in the rivers doesn't have a pronounced correlation dependence, which is probably due to the heterogeneity of the composition of the waters, as well as to the increasing impact on the environment of the oil and gas complex.

Keywords: surface waters; microbiological indicators; indicators of chemical composition; correlation analysis; statistical data processing; oil fields; correlation coefficient; anthropogenic impact; pollutants; Khanty-Mansi Autonomous Okrug – Yugra.

Введение

Нефть и газ в Ханты-Мансийском автономном округе – Югре добывают уже более 60 лет, на месторождениях постоянно ведется мониторинг состояния водных объектов. В научной печати представлены результаты локальных исследований качества водных объектов и степени их загрязненности, анализа влияния нефтедобычи на водные объекты. Авторами отмечено, что в связи с авариями, происходящими на

территории нефтепромыслов, увеличивается концентрация нефтепродуктов в воде; выявлено изменение водного режима и качества вод малых рек в пределах нефтегазовых месторождений [1–3].

Поверхностные воды имеют изменчивый состав. Факторами, влияющими на непостоянный состав рек, являются: окислительно-восстановительные процессы, осаждения крупных и тяжелых частиц, биохимические процессы, приводящие к самоочищению во-

ды. В зависимости от сезона года меняется и состав воды, эпизодически в результате атмосферных осадков [4]. Также и влияние естественных факторов, и нагрузка антропогенного характера способствуют изменению состава и свойств поверхностных вод.

Для оценки качества речной воды применяются гидрохимические и микробиологические методы, которые позволяют оценить загрязненность воды по широкому перечню ингредиентов и показателей качества и классифицировать воду по степени загрязненности.

В результате поступления в реки загрязняющих веществ химического, микробиологического и физического характера происходит изменение состава и свойств воды водотоков [5].

Цель данной работы: оценка взаимосвязей концентраций показателей химического состава воды исследуемых водотоков, а также выявление взаимосвязей гидрохимических показателей и показателей структуры микробного сообщества.

Объекты и методы

Объектами исследования были выбраны 20 рек, находящихся в границах лицензионных участков нефтяных месторождений (ЛУНМ). Схема расположения исследуемых водотоков представлена на рис. 1.

В данной работе представлены материалы гидрохимических и микробиологических результатов ис-

следований за два года. Пробы исследуемых водотоков, находящихся в пределах лицензионных участков, отбирались в период открытой воды в различные сезоны года (весенне-летнее половодье, осенняя межень). Отбор проб поверхностных вод осуществлялся в соответствии с требованиями ГОСТ 31861–2012 [6]. В зависимости от глубины исследуемой реки выбиралась глубина отбора проб [7].

Микробиологический анализ проводили глубинным способом [8] с высевом соответствующего разведения на агаризованные питательные среды различного состава. Для выделения доминирующих родов бактерий и мицелиальных грибов проводили изучение морфолого-биохимических свойств микроорганизмов и идентифицировали при помощи определителей Берджи и В.И. Билай [9–11].

Статистическая обработка гидрохимических данных велась в программах MS Excel, StatSoft Statistica [12].

Результаты исследований и их обсуждение

Для оценки взаимосвязи показателей химического состава воды был выполнен корреляционный анализ (по Пирсону) (табл. 1). Далее обсуждаются показатели, для которых получены корреляционные взаимосвязи высокой силы с коэффициентами корреляции более 0,7.

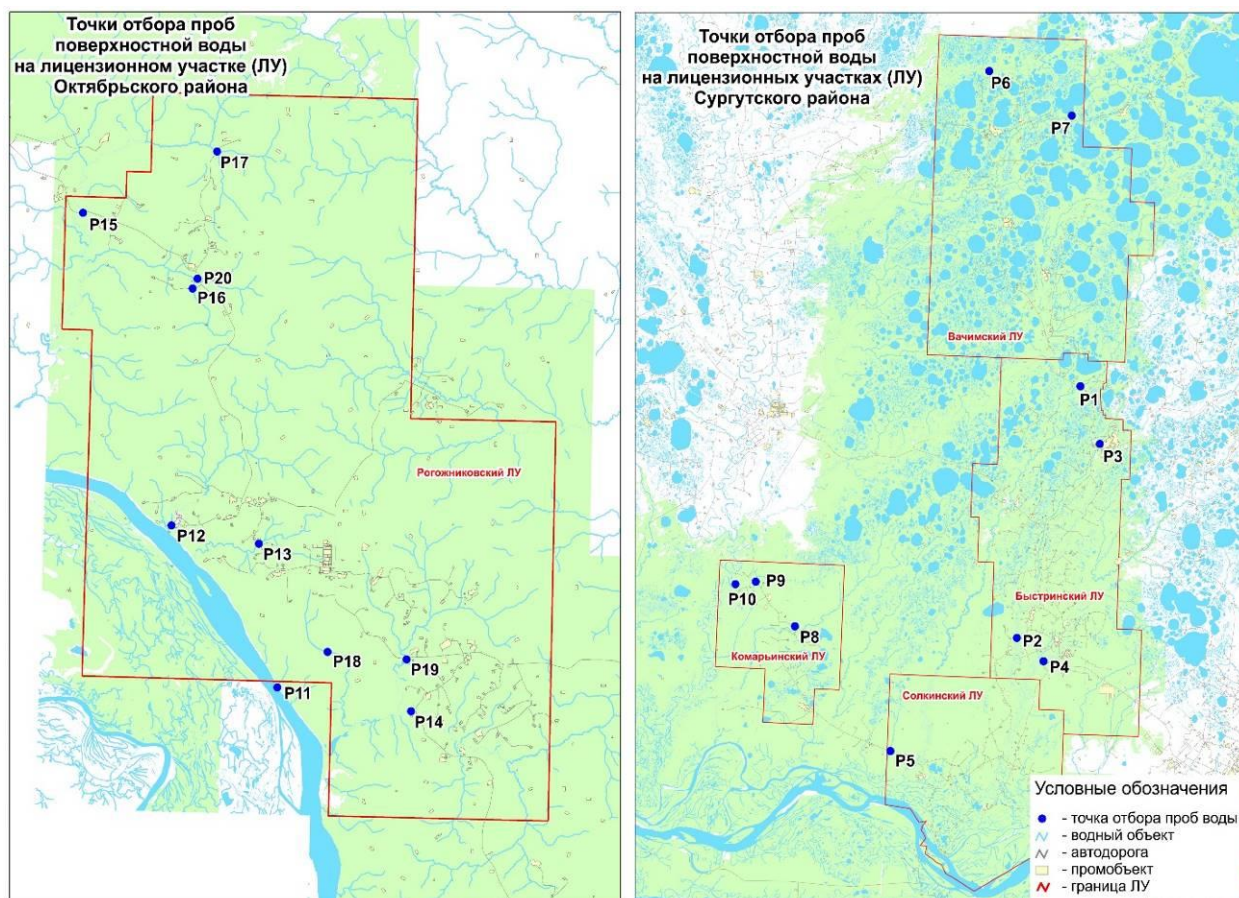


Рисунок 1 – Схема расположения исследуемых водотоков Сургутского и Октябрьского районов: P1 – р. Вынга; P2 – р. Минчимкина; P3 – правый приток р. Минчимкина; P4 – р. Быстрый Кульеган; P5 – р. Кавык; P6 – р. Тапьяун; P7 – р. Якьяун; P8 – р. Комарья; P9 – р. Вирсиявин; P10 – р. Пим; P11 – р. Обь; P12 – р. Большая Леушинская; P13 – р. Малая Леушинская; P14 – р. Большая Карымкарская; P15 – р. Малая Карымкарская; P16 – р. Курнисоим; P17 – р. Большой Охтах; P18 – р. Хомпа; P19 – р. Малый Атлым; P20 – р. Овыньеган

Таблица 1 – Корреляционные взаимосвязи показателей химического состава воды

Показатель	Прямая корреляция			Обратная корреляция		
	2018 г.	2019 г.	за 2 года	2018 г.	2019 г.	за 2 года
Железо общее	Mg (0,88)	Mg (0,81)	Mg (0,70)	Cu (-0,71)		Cu (-0,82)
АПАВ	Pb (0,79)	–	–	–	–	–
Никель	Cr (0,99)	–	–	–	–	–
Фенолы	–	–	–	–	–	PO ₄ ³⁻ (-0,89)
Медь	–	–	–	–	Mg (-0,75)	–
ОМЧ	АПАВ (0,52)	SO ₄ ²⁻ (0,55)	–	–	–	–
Сульфаты	NO ₃ ⁻ (0,70)	–	–	–	–	–
Ионы аммония	PO ₄ ³⁻ (0,70)	–	–	–	–	–

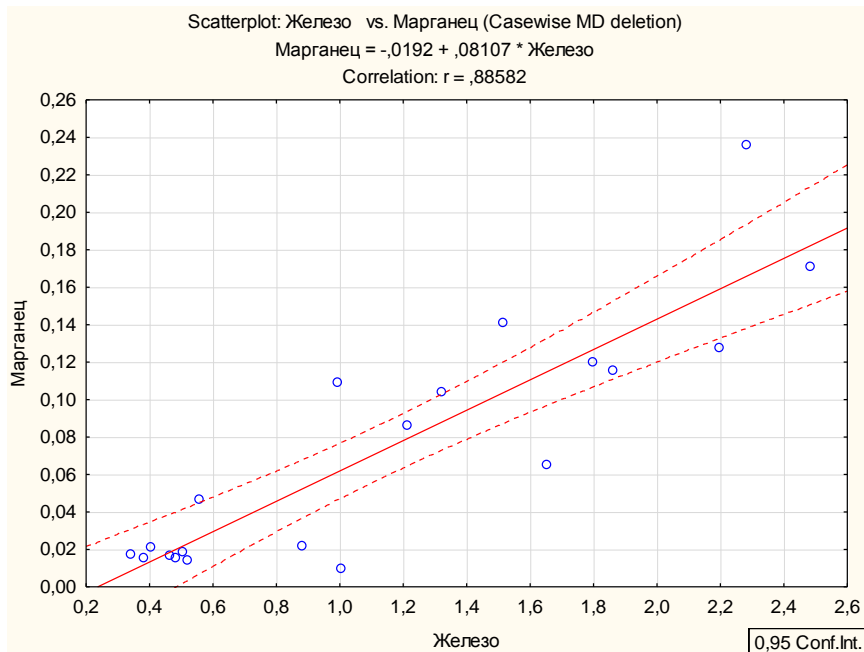


Рисунок 2 – Прямая корреляционная взаимосвязь концентраций общего железа и марганца

Высокая положительная корреляция концентраций железа и марганца (рис. 2) подтверждает одинаковое геохимическое происхождение этих металлов, связанное с вымыванием подвижных форм из почв площади водосбора в условиях кислых значений pH в ландшафте. Содержание меди показало обратную корреляционную взаимосвязь с концентрацией общего железа, что позволяет предположить наличие антропогенного источника поступления меди в водотоки.

Положительная корреляция концентраций хрома и никеля позволяет предположить их антропогенное происхождение в водах рассматриваемой территории.

В результате биохимического окисления мертвого органического вещества в воде происходит образование таких показателей, как аммонийный азот и фосфат-ион, а также поступление их связано с буровыми и хозяйственно-бытовыми сточными водами, в том числе после биологической очистки, что способствовало их положительной корреляционной зависимости.

Для концентрации сульфатов отмечена положительная корреляционная взаимосвязь с концентрацией нитратов. В процессе отмирания организмов и окисления аллохтонных и автохтонных органических веществ растительного и животного происхождения происходит накопление в реках сульфатов. Нитраты служат показателем более давнего фекального загрязнения воды. Следует отметить также, что концентрации этих ионов в воде исследованных во-

дотоков были низкими, что позволяет предположить их преимущественно природное происхождение.

В данной работе представлены некоторые полученные варианты взаимосвязей между гидрохимическими показателями. Различные варианты корреляционных взаимосвязей для конкретного объекта исследования зависят от многих факторов, к примеру, от окислительно-восстановительных условий на месте отбора проб, от сезона года, от антропогенного влияния и др. Поэтому определенное объяснение полученных корреляционных взаимосвязей представляется затруднительным.

В таблице 2 представлены результаты корреляционного анализа гидрохимических показателей с эколого-трофическими группами микроорганизмов, таких как углеводородсваивающие (УВБ), сапрофитные (СБ) и фенолусваивающие (ФБ).

Таблица 2 – Корреляционные взаимосвязи гидрохимических показателей и показателей структуры микробного сообществ

Коррелирующие показатели	Значение коэффициента
УВБ/NH ₄ ⁺	0,43
УВБ/Cl ⁻	0,5
УВБ/Ni	0,56
СБ/NH ₄ ⁺	0,44
СБ/Ni	0,5
ФБ/NH ₄ ⁺	0,4
ФБ/PO ₄ ³⁻	0,53

Для показателя NH_4^+ отмечена положительная корреляционная зависимость в диапазоне от 0,4 до 0,44 со всеми рассматриваемыми эколого-трофическими группами микроорганизмов. Наличие в реках азотосодержащих веществ указывает на нахождение в воде органического вещества животного происхождения. Аммонийный азот является первым продуктом распада белков и кроме того свидетельствует о свежем фекальном загрязнении водного объекта.

Для концентрации хлорид-ионов отмечена положительная корреляция с группой углеводородсваивающих бактерий. Так, при загрязнении почвы и воды рек нефтью потенциальными доминантами становятся виды рода *Rhodococcus*, *Bacillus* и *Actinomyces* [13], поступление которых происходит с площади водосбора рек, в т.ч. в составе сточных вод нефтепромыслов.

Положительная корреляционная зависимость была отмечена для концентрации никеля с группами углеводородсваивающих и сапрофитных бактерий в диапазоне 0,5–0,6.

Для концентрации фосфатов отмечена положительная корреляционная взаимосвязь с группой фенолсваивающих бактерий. Такая зависимость может быть обусловлена одновременным присутствием фосфатов (компонентов буровых растворов и продуктов биохимического распада фосфорсодержащей органики) и соединений фенольной природы (компонентов нефти и одновременно питательного субстрата для бактерий данной эколого-трофической группы) в составе ливневых и буровых стоков с технологических площадок нефтяных месторождений [2].

Заключение

Полученные корреляционные взаимосвязи значений показателей химического состава воды позволили подтвердить природное происхождение в воде типоморфных для данной ландшафтно-климатической территории элементов – железа и марганца.

Результаты корреляционного анализа показывают высокую вероятность техногенного вклада в формирование в изученных водотоках никеля, хрома, меди.

Корреляционный анализ гидрохимических и микробиологических показателей продемонстрировал умеренные и заметные взаимосвязи преимущественно концентраций биогенных ионов и численности бактерий различных эколого-трофических групп, что свидетельствует об удовлетворительном протекании

процессов самоочищения водотоков и нормальном функционировании микробного сообщества.

Список литературы:

1. Московченко Д.В. Эколого-геохимическое состояние водных объектов на территории заказника «Сургутский» // Вестник экологии, лесоведения и ландшафтоведения. 2007. № 7. С. 163–171.
2. Шорникова Е.А. Диагностика состояния экосистем водотоков на лицензионных участках нефтяных месторождений Среднего Приобья // Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело». 2007. № 1. С. 34.
3. Хорошавин В.Ю. Техногенная трансформация гидрологического режима и качества вод малых рек в пределах нефтегазовых месторождений бассейна Пура: автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Тюмень, 2005. 230 с.
4. Справочник по свойствам, методам анализа и очистке воды: в 2 ч. Ч. 1. К.: Наукова думка, 1980. 680 с.
5. Шварцев С.Л. Гидрогеохимия зоны гипергенеза. М.: Недра, 1978. 287 с.
6. Шорникова Е.А. Методические рекомендации по планированию, организации и ведению мониторинга поверхностных водотоков: гидрохимические и микробиологические методы. Сургут: Дефис, 2007. 88 с.
7. Афанасьев Ю.А., Фомин С.А., Меньшиков В.В. и др. Мониторинг и методы контроля окружающей среды: учеб. пособие в 2-х частях: В 2 ч. М.: Изд-во МНЭПУ, 2001. 337 с.
8. Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений / под ред. В.А. Абакумова. Л.: Гидрометеоиздат, 1983. 218 с.
9. Билай В.И., Коваль Э.З. Аспергиллы. Определитель // Академия наук Украинской ССР. Институт микробиологии и вирусологии им. Д.К. Заволотного. Киев: Наукова Думка, 1988. 204 с.
10. Определитель бактерий Берджи. В 2-х т. Т. 2 / под ред. Дж. Хоулта, Н. Крига, П. Снита, Дж. Стейли, С. Уильямса. М.: Мир, 1997. 432 с.
11. Определитель бактерий Берджи. В 2-х т. Т. 1 / под ред. Дж. Хоулта, Н. Крига, П. Снита, Дж. Стейли, С. Уильямса. М.: Мир, 1997. 368 с.
12. Борздова Т.В. Основы статистического анализа и обработка данных с применением Microsoft Excel: учеб. пособие. Минск: ГИУСТ БГУ, 2011. 75 с.
13. Овчинникова Т.А., Прохорова Н.В., Панкратов Т.А. Некоторые микробиологические особенности почвенного покрова города Новокуйбышевска в осенний период // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. 2010. Т. 19, № 2. С. 83–91.

Информация об авторе(-ах):	Information about the author(-s):
Арсланова Марина Магомедовна , аспирант кафедры экологии и биофизики; Сургутский государственный университет (г. Сургут, Ханты-Мансийский автономный округ – Югра, Российская Федерация). E-mail: marina.arslanova.93@mail.ru.	Arslanova Marina Magomedovna , postgraduate student of Ecology and Biophysics Department; Surgut State University (Surgut, Khanty-Mansi Autonomous Okrug – Yugra, Russian Federation). E-mail: marina.arslanova.93@mail.ru.
Шорникова Елена Александровна , кандидат биологических наук, доцент кафедры экологии и биофизики; Сургутский государственный университет (г. Сургут, Ханты-Мансийский автономный округ – Югра, Российская Федерация). E-mail: capucin72@mail.ru.	Shornikova Elena Aleksandrovna , candidate of biological sciences, associate professor of Ecology and Biophysics Department; Surgut State University (Surgut, Khanty-Mansi Autonomous Okrug – Yugra, Russian Federation). E-mail: capucin72@mail.ru.

Для цитирования:

Арсланова М.М., Шорникова Е.А. Взаимосвязь гидрохимических показателей и структуры микробного сообщества водотоков территорий нефтедобычи в Ханты-Мансийском автономном округе – Югре // Самарский научный вестник. 2021. Т. 10, № 1. С. 20–23. DOI: 10.17816/snv2021101102.