

\* \* \*

УДК 579.68

DOI 10.17816/snv202102

Статья поступила в редакцию 29.03.2020

## АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ГИДРОХИМИЧЕСКИХ И МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВОДОТОКОВ СУРГУТСКОГО И ОКТЯБРЬСКОГО РАЙОНОВ ХАНТЫ-МАНСЙСКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА – ЮГРЫ

© 2020

**Арсланова Марина Магомедовна**, аспирант кафедры экологии и биофизики  
**Шорникова Елена Александровна**, кандидат биологических наук, доцент кафедры экологии и биофизики  
**Музиева Мадина Ильясовна**, магистрант кафедры химии  
*Сургутский государственный университет*  
(г. Сургут, Ханты-Мансийский автономный округ – Югра, Российская Федерация)

*Аннотация.* Исследование экологического состояния в бассейнах рек, в том числе определение фактического загрязнения вод, в последнее время является актуальным. Водные объекты, расположенные в границах территорий нефтедобычи, испытывают постоянное и интенсивное антропогенное воздействие, возникающее не только в процессе эксплуатации месторождений, но и при подготовке площадей для разведочного и эксплуатационного бурения, обустройстве кустовых площадок, прокладке коммуникаций и т.п. В статье представлен анализ особенностей распределения микробиологических и гидрохимических показателей водотоков Сургутского и Октябрьского районов Ханты-Мансийского автономного округа – Югры. Методом кластерного анализа определены каскадные системы по общему микробному числу исследуемых рек. Дана характеристика родового состава и распределения выявленных микроорганизмов на объектах исследования. В результате проведения кластерного анализа рек выявлено 4 трофические группы микроорганизмов: сапрофитные, нитрифицирующие, фенолусваивающие и углеводородокисляющие бактерии. В результате идентификации выделенных изолятов было выявлено, что преобладает бактериальная микробиота. При изучении родового состава мицелиальной микробиоты отмечено, что выявлялись только плесневые грибы (*Cladosporium* sp., *Aspergillus* sp., *Penicillium* sp.). В работе представлены результаты мониторинга водотоков в 2018–2019 годы по следующим показателям качества воды: рН, ионы аммония, токсичность острая. Вариативность гидрохимических показателей в поверхностных водах рек в разное время года напрямую связана с изменением фаз гидрологического режима.

*Ключевые слова:* поверхностные воды; микробиологические показатели; показатели химического состава; идентификация микроорганизмов; пространственно-временная изменчивость; кластерный анализ; статистическая обработка данных; нефтяные месторождения; антропогенное воздействие; загрязняющие вещества; сезонная динамика; Ханты-Мансийский автономный округ – Югра.

### *Введение*

Качество водных ресурсов является одной из актуальных проблем общества, имеющей значение как для экосистем, так и для обеспечения здоровья и качества жизни населения. Пригодность воды для определенных целей водопользования определяется в зависимости от ее состава и свойств.

Состав вод достаточно сложен и обусловлен комплексом химических и биохимических процессов. Загрязнение рек веществами антропогенного происхождения обретает все большую важность. Природные загрязнители поступают из почв и горных пород в результате выщелачивания минералов с паводковыми и дождевыми водами. Антропогенные источники представлены отходами промышленных предприятий, бытовыми сбросами и загрязнителями, попадающими в воды в результате сельскохозяйственной деятельности (удобрениями, средствами защиты растений от вредителей и т.д.) [1]. Поверхностные воды, находящиеся в пределах лицензионных участков нефтегазовых месторождений, подвергаются возрастающему антропогенному загрязнению, что связано с освоением и использованием объектов нефтегазовой промышленности [2].

Статистическая универсализация микробиологических и гидрохимических показателей является од-

ним из основных критериев в современной экологии и выступает неотъемлемой частью при проведении долговременного мониторинга состояния воды исследуемых рек, оценки их потенциала к самоочищению, поиска возможностей использования микробиологических показателей в мониторинге водотоков в нефтегазовой отрасли.

Исследованиями экологического состояния рек территории Ханты-Мансийского автономного округа – Югры в разные годы занимались многие авторы [3; 4]. Однако в основном эти исследования сводились к определению физико-химических показателей и сравнению их с нормативами ПДК. Взаимосвязи показателей химического состава с биологическими характеристиками водных экосистем были описаны в работах В.Г. Алехина, Н.И. Серебровой, С.Л. Шварцева, З.Д. Копалиани [5; 6].

*Цель данной работы:* анализ полученных гидрохимических и микробиологических данных и оценка влияния антропогенной нагрузки на формирование качества воды исследуемых рек.

### *Объекты и методы*

Объектами исследования были выбраны 20 рек, находящихся в границах лицензионных участков нефтяных месторождений (ЛУНМ) (табл. 1).

**Таблица 1** – Исследуемые водотоки

№ п/п	Координаты места отбора пробы		Район	Водный объект
	Широта (с.ш.)	Долгота (в.д.)		
P1	61°40'31"	72°48'45"	Сургутский	р. Вынга
P2	61°26'17"	72°42'02"		р. Минчимкина
P3	61°37'49"	72°51'50"		Правый приток р. Минчимкина
P4	61°25'01"	72°45'19"		р. Быстрый Кульеган
P5	61°19'35"	72°27'19"		р. Кавык
P6	61°58'03"	72°36'19"		р. Тапьяун
P7	61°55'42"	72°46'32"		р. Якъявин
P8	61°26'24"	72°15'22"		р. Комарья
P9	61°28'50"	72°10'28"		р. Вирсиявин
P10	61°28'37"	72°07'59"		р. Пим
P11	61°04'46"	67°19'34"	Октябрьский	р. Обь
P12	62°10'45"	67°10'31"		р. Большая Леушинская
P13	62°05'57"	67°30'08"		р. Малая Леушинская
P14	62°04'00"	67°30'35"		р. Большая Карымкарская
P15	62°22'24"	67°02'28"		р. Малая Карымкарская
P16	62°19'40"	67°11'44"		р. Курнисоим
P17	62°24'51"	67°13'27"		р. Большой Охтач
P18	62°06'10"	67°23'37"		р. Хомпа
P19	62°05'57"	67°30'08"		р. Малый Атлым
P20	62°20'03"	67°12'07"		р. Овыньеган

Отбор проб осуществлялся в весенний, летний и осенний период года, в соответствии с требованиями ГОСТ 31861-2012 [7]. Пробы отбирались в стерильные емкости.

В данной работе представлены результаты мониторинга водотоков с 2018 по 2019 гг. по следующим показателям качества воды: рН, ионы аммония, токсичность острая, которые анализировались с использованием стандартных методик.

Для определения острой токсичности исследуемых вод использовался метод биотестирования. Метод основывается на воздействии токсических веществ на смертность дафний, при котором положительным критерием служила гибель более 50% особой относительно контрольного образца.

Микробиологический анализ проводили глубинным способом [8] с высевом соответствующего разведения на универсальные и селективные среды.

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].

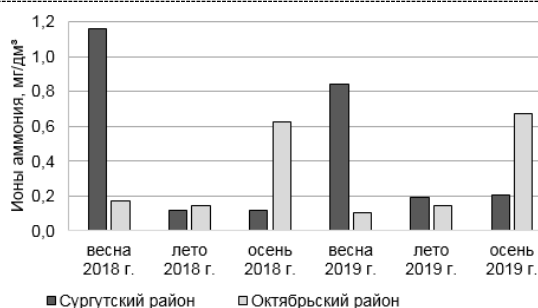
Выполнение анализа и обработки полученных данных осуществляли с помощью пакета прикладных программ Statistica 10 и MS Excel 2010.

#### Результаты исследований и их обсуждение

Для малых и средних рек таежной зоны Западной Сибири характерны слабощелочные и кислые значения рН, что обусловлено геохимическими особенностями территории [12; 13]. Преимущественно значения рН ис-

следуемых рек за два года показало преобладание нейтральной и слабощелочной среды. По временной характеристике максимальное значение рН 7,6 приходится на летний период. Антропогенное влияние на реки проявляется в переходе рН в область щелочных значений.

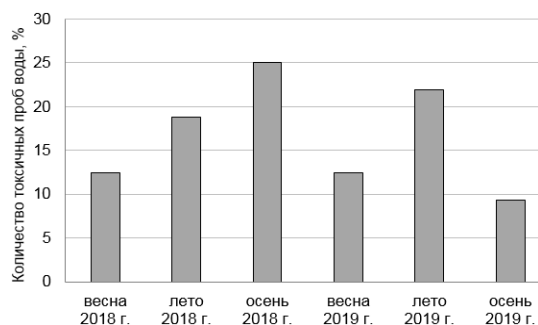
Пик концентрации ионов аммония приходится на весенний период и наблюдается превышение ПДКвр (0,5 мг/дм<sup>3</sup>) [14], такому результату могло способствовать таяние снега (рис. 1). Причиной является высокая концентрация ионов аммония в поверхностном стоке, питающем реки в период начала половодья, а также присутствие большого количества легко окисляемого органического вещества, отвлекающего кислород от процессов нитрификации и способствующего накоплению восстановленных форм азота. В период открытой воды наблюдается сравнительно невысокая концентрация вследствие благоприятного кислородного режима и интенсивного усвоения иона аммония растениями при фотосинтезе.



**Рисунок 1** – Особенности распределения ионов аммония

Токсичностью воды в водной токсикологии принято считать свойство воды оказывать вредное, патологическое, вплоть до гибели, действие на организм гидробионтов [15].

На рис. 2 представлено процентное соотношение токсичности проб воды в зависимости от сезона года по всем исследованным водотокам. В сезонной динамике не наблюдается постоянства, вероятно, показатель острой токсичности зависит от индивидуальной нагрузки на реки (рис. 2). За весь период исследования максимальное количество токсичных проб воды наблюдались у рек Кавык, Большая Карымкарская, Овыньеган, а наименьшее – у рек Малая Леушинская, Малая Карымкарская, Курнисоим, Большой Охтач и Хомпа.



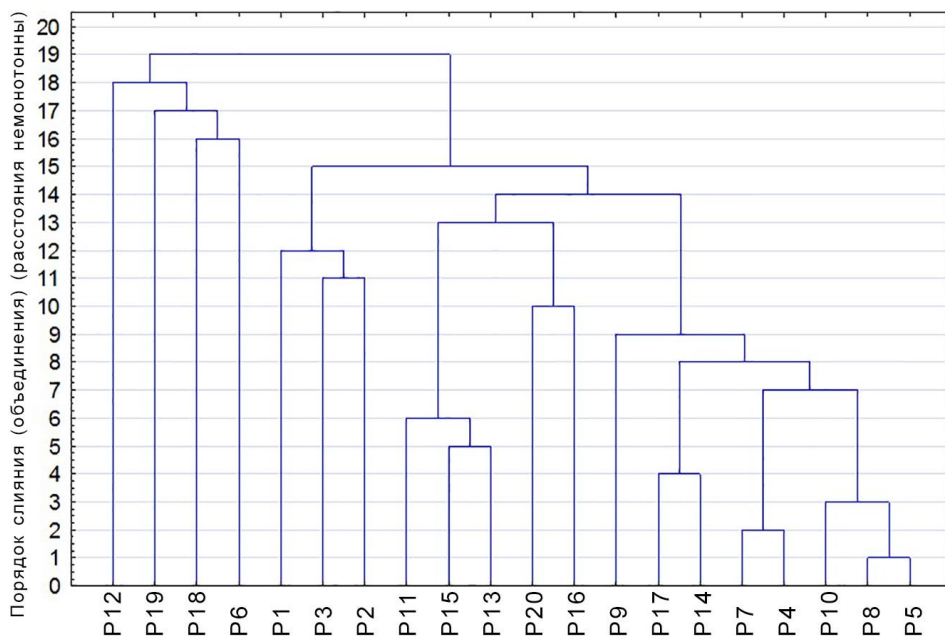
**Рисунок 2** – Динамика токсичности рек в зависимости от сезона года

Полученные результаты исследования численности бактерий за 2018 год были опубликованы ранее [16]. Методом кластерного анализа были обработаны нормированные данные микробиологических исследований за период исследования с 2018 по 2019 гг. (рис. 3).

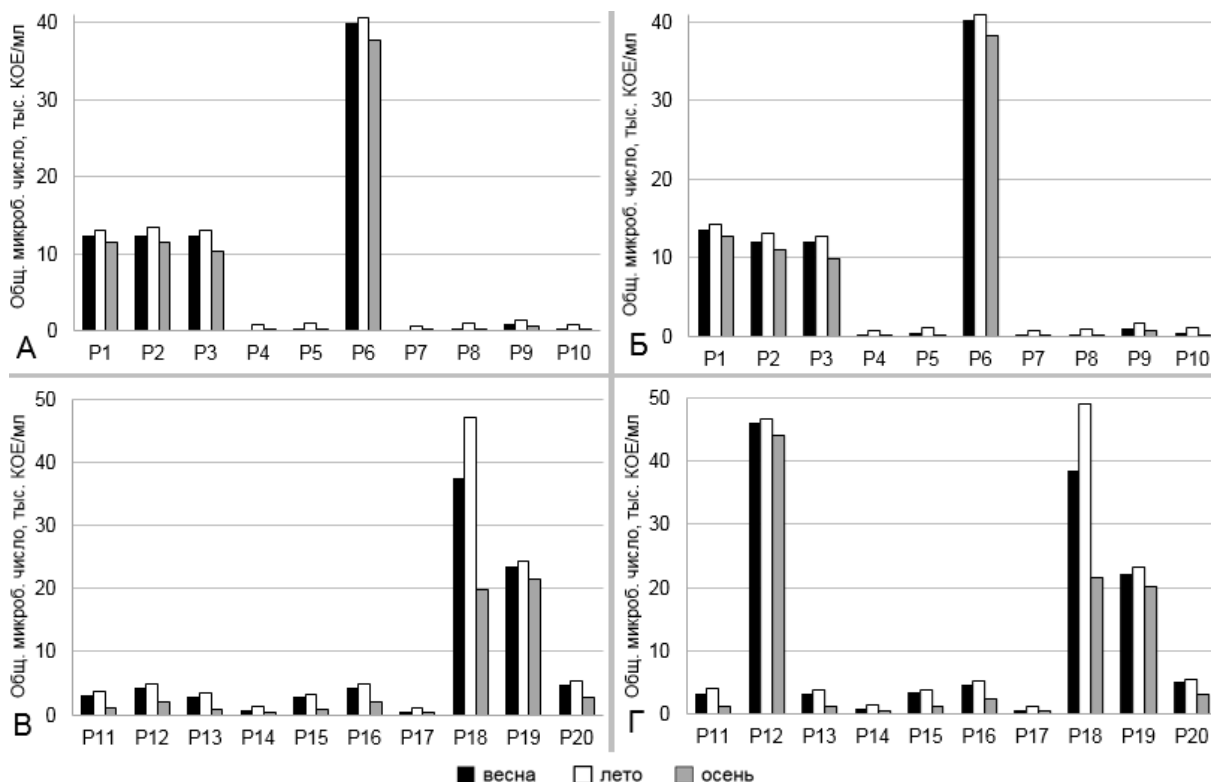
В числе исследованных водотоков можно выделить 4 каскадные системы, различающиеся микробиологическими показателями:

- а) очень чистые с общим микробным числом менее 1000 КОЕ/мл (P4, P5, P7, P8, P9, P10, P14, P17);
- б) чистые – до 5 тыс. КОЕ/мл (P11, P13, P15, P16, P20);
- в) умеренно загрязнённые – с 5 до 15 тыс. КОЕ/мл (P1, P2, P3);
- г) загрязнённые – свыше 20 тыс. КОЕ/мл (P6, P12, P18, P19).

Результаты анализа микробиологического состава поверхностных вод показали, что в сезонной динамике численности микроорганизмов за 2 года наблюдается относительное постоянство (рис. 4). В различные сезоны года общее микробное число в исследованных водотоках имеет отличие, прежде всего это связано с различным объемом поверхностного стока, поступающего в реки в разное время года. Небольшие скачки микробного числа в летний период обусловлено обильным поступлением органических веществ в воду.



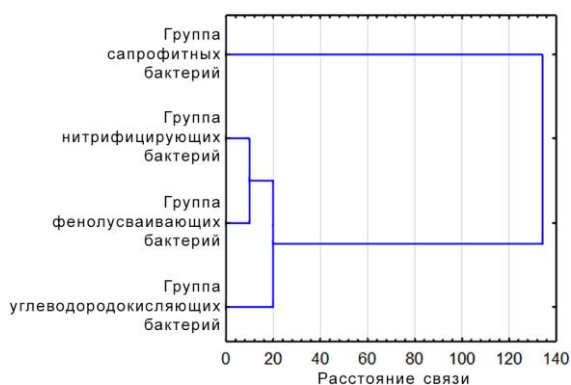
**Рисунок 3** – Результат кластер-анализа микробиологических данных, сгруппированных по точкам отбора проб



**Рисунок 4** – Сезонная динамика численности микроорганизмов с 2018 по 2019 гг.  
 А – Сургутский район, 2018 г.; Б – Сургутский район, 2019 г.;  
 В – Октябрьский район, 2018 г.; Г – Октябрьский район, 2019 г.

Отличительные особенности выявились у реки Большая Леушинская. В годичной динамике отмечается рост общего микробного числа в 2019 году во все сезоны. При этом сезонные изменения остались стабильны. Такая динамика численности может быть обусловлена увеличением концентрации органического вещества в водотоке в связи с началом процессов обустройства кустовых площадок и буровых работ.

В результате проведения кластерного анализа рек выявлено, что на исследуемых объектах обнаруживается преимущественно органогетеротрофная микробиота (рис. 5). Наличие большого числа сапрофитных бактерий говорит об активных процессах самоочищения рек и обильном насыщении органическими веществами.



**Рисунок 5** – Результат кластер-анализа трофических групп микроорганизмов

Довольно часто микробиота водных источников непостоянна из-за различных факторов, но также она имеет постоянные виды, которые не требуют большого количества органических веществ. В результате идентификации выделенных изолятов было выявлено, что преобладает бактериальная микробиота. При изучении родового состава мицелиальной микробиоты выделены только плесневые грибы (*Cladosporium* sp., *Aspergillus* sp., *Penicillium* sp.) [17]. На рис. 6 представлена частота встречаемости выделенных изолятов в исследуемых водотоках по сумме двух лет.

Изучение микроорганизмов в исследуемых водотоках показало, что чаще всего в водной биоте рек встречались бактерии аммонификаторы (*Pseudomonas* sp.), автотрофные и гетеротрофные нитрификаторы (*Nitrosomonas* sp.). Аммонификаторы осуществляют разложение азотсодержащих органических веществ. Процесс нитрификации в реке осуществляли

автотрофные и гетеротрофные микроорганизмы. Присутствие нитрифицирующих бактерий в исследуемых водотоках подтверждает наличие полуразложившихся органических остатков, вовлеченных в процесс аммонификации [18].

Также часто встречались бактерии рода *Flavobacterium*, которые являются комменсалом рыб, и род *Alcaligenes*, который может являться показателем фекального загрязнения.

#### Заключение

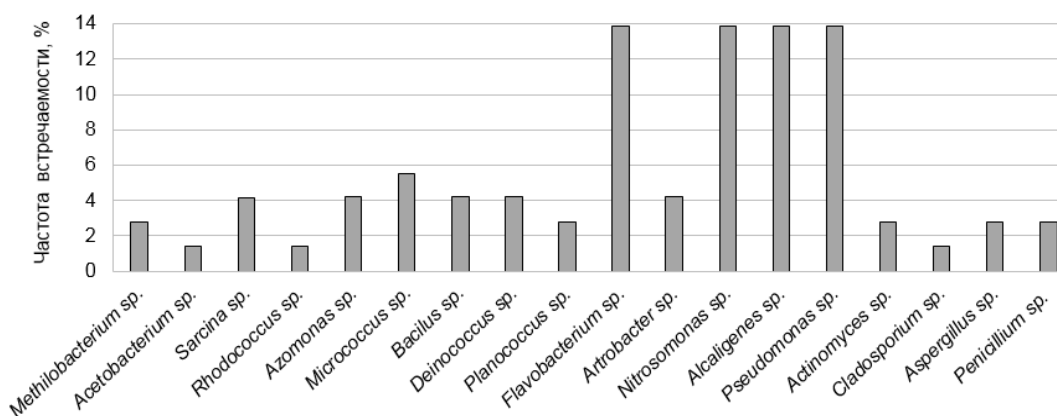
Вариативность гидрохимических показателей в поверхностных водах рек в разное время года напрямую связана с изменением фаз гидрологического режима. По временной характеристике максимальное значение pH приходится на летний период, что обусловлено антропогенной нагрузкой на водоток.

В сезонной динамике по показателю острой токсичности закономерностей не выявлено, вероятно, данный показатель определяется индивидуальной нагрузкой на водоток.

В результате проведенного микробиологического исследования рек Сургутского и Октябрьского районов Ханты-Мансийского автономного округа – Югры выявлены 4 каскадные системы рек. В первый каскад «очень чистых» рек с общим микробным числом менее 1000 КОЕ/мл были отнесены 8 рек, в том числе 6 рек на территории Сургутского района; во второй каскад «чистые» реки с общим микробным числом до 5 тыс. КОЕ/мл отнесены 5 рек Октябрьского района; в третий каскад «умеренно загрязненные» реки с общим микробным числом свыше 20 тыс. КОЕ/мл отнесены 3 реки Сургутского района; в четвертый каскад «загрязненные» реки с общим микробным числом свыше 20 тыс. КОЕ/мл были отнесены 4 реки, в том числе 3 реки Октябрьского района.

Результаты анализа микробиологического состава поверхностных вод показали, что в сезонной динамике численности микроорганизмов за 2 года наблюдается относительное постоянство. То есть численность микроорганизмов определяется абиотическими факторами в водном объекте, а именно температурой воды, концентрацией растворенного кислорода и растворенного органического вещества.

В результате кластерного анализа полученных данных выявлено, что в исследованных водных объектах обнаруживается преимущественно органогетеротрофная микробиота. В составе выделенных изолятов было идентифицировано 16 бактериальных культур и 3 культуры из мицелиальной микробиоты.



**Рисунок 6** – Частота встречаемости микроорганизмов в микробиоте рек

**Список литературы:**

1. Гидрохимический анализ: уч. пособие / А.В. Порфирьева и др. Казань: Изд-во Казан. ун-та, 2018. 88 с.
2. Шорникова Е.А., Куяров А.В. Микробные сообщества речных экосистем Сургутского района // Биологические ресурсы и природопользование: сб. науч. тр. Вып. 8. Сургут: Дефис, 2006. С. 125–136.
3. Бабушкин А.Г. Опыт и результаты использования информационных технологий в системе ведомственного и государственного аналитического контроля состояния загрязнения компонентов окружающей природной среды в Ханты-Мансийском автономном округе // Налоги. Инвестиции. Капитал. 2003. № 5–6. С. 156–159.
4. Московченко Д.В. Экологическое состояние рек Обского бассейна в районах нефтедобычи // География и природные ресурсы. 2003. № 1. С. 35–41.
5. Алехин В.Г., Алехина Л.В., Сереброва Н.И. Динамика биологических процессов самоочищения вод реки Оби в акватории г. Сургута // Сб. науч. тр. СурГУ. Естественные науки. Вып. 20. Сургут: Изд-во СурГУ, 2004. С. 3–18.
6. Шварцев С.Л., Копалиани З.Д. Эколого-геохимическое состояние крупных притоков Средней Оби // Водные ресурсы. 1997. Т. 24, № 6. С. 740–743.
7. ГОСТ 31861-2012. Общие требования к отбору проб. М., 2019. 31 с.
8. 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.
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. 1: Пер. с англ. / под ред. Дж. Хоулта, Н. Крига, П. Снитта, Дж. Стейли, С. Уильямса. М.: Мир, 1997. 368 с.
11. Определитель бактерий Берджи. В 2-х т. Т. 2: Пер. с англ. / под ред. Дж. Хоулта, Н. Крига, П. Снитта, Дж. Стейли, С. Уильямса. М.: Мир, 1997. 432 с.
12. Бабушкин А.Г., Московченко Д.В., Пикунов С.В. Гидрохимический мониторинг поверхностных вод Ханты-Мансийского автономного округа – Югры. Новосибирск: Наука, 2007. 152 с.
13. Шорникова Е.А. Методологический подход к оценке экологического состояния водных объектов с использованием комплексного индекса качества воды на примере Среднего Приобья // Самарский научный вестник. 2019. Т. 8, № 2 (27). С. 75–80.
14. 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 Министерства сельского хозяйства РФ от 13 декабря 2016 г. № 552.
15. Бакаева Е.Н., Никаноров А.М. Гидробионты в оценке качества вод суши. М.: Наука, 2006. 236 с.
16. Арсланова М.М., Шорникова Е.А. Сезонная динамика численности бактерий в водотоках в границах территории нефтедобычи в ХМАО – Югре // Современное состояние водных биоресурсов: мат-лы V междунар. конф. Новосибирский: НГАУ, 2019. С. 260–264.
17. Арсланова М.М., Шорникова Е.А., Перлова Е.В. Микробиологическая характеристика малых рек Сургутской низины // Чистая вода России: мат-лы XV междунар. науч.-практ. симпозиума и выставки. Екатеринбург, 2019. С. 4–10.
18. Мамонтова Л.М. Основы микробиологического мониторинга водных экосистем и контроля питьевой воды: автореф. дис. ... д-ра биол. наук: 03.00.16. Иркутск, 1998. 40 с.

**THE ANALYSIS OF SPATIO-TEMPORAL FEATURES  
OF MICROBIOLOGICAL AND HYDROCHEMICAL INDICATORS OF THE RIVERS  
WITHIN SURGUTSKY AND OKTYABRSKY DISTRICTS  
IN KHANTY-MANSI AUTONOMOUS OKRUG – YUGRA**

© 2020

**Arslanova Marina Magomedovna**, postgraduate student of Ecology and Biophysics Department  
**Shornikova Elena Aleksandrovna**, candidate of biological sciences,  
associate professor of Ecology and Biophysics Department  
**Muzieva Madina Pyasovna**, master student of Chemistry Department  
*Surgut State University (Surgut, Khanty-Mansi Autonomous Okrug – Yugra, Russian Federation)*

*Abstract.* The study of the environmental situation in river basins, including the assessment of actual water pollution, has recently become relevant. Water bodies located within the borders of oil production territories are experiencing constant and intense anthropogenic impact, which occurs not only during the operation of fields, but also during the preparation of areas for exploration and production drilling, construction of multi-well pads, communications, etc. This paper analyzes peculiarities of microbiological and hydrochemical indicators distribution of the rivers within Surgutsky and Oktyabrsky Districts in Khanty-Mansi Autonomous Okrug – Yugra. The cluster analysis method determines cascade systems based on the total microbial number of the studied rivers. The characteristics of the generic composition and distribution of the identified microorganisms are given. As a result of the cluster analysis, it was revealed that organoheterotrophic microflora is found mainly in the studied rivers. 16 bacterial cultures and 3 cultures from the mycelial microflora were identified among the isolated microorganisms. The paper also presents the results of rivers monitoring in 2018–2019 on the following water quality indicators: pH, ammonium ions and acute toxicity. The time variability of hydrochemical indicators correlates with different phases of the hydrological regime of rivers.

*Keywords:* surface water; microbiological indicators; chemical indicators; identification of microorganisms; spatial and temporal variability; cluster analysis; statistical data processing; oilfields; anthropogenic influence; pollutants; seasonal dynamics; Khanty-Mansi Autonomous Okrug – Yugra.