

MULTY-YEAR DYNAMICS OF SOME PHYSICO-CHEMICAL PARAMETERS IN MIRE WATER AT THE SITE OF SALT POLLUTION OF THE RAISED BOG (VOSTOCHNO-SURGUTSKOYE OIL FIELD, WESTERN SIBERIA)

Tyurin V.N. , Kharbaka V.A., Maslovskaya O.V.*

Сургутский государственный университет

*tyurin_vn@mail.ru

Citation: Tyurin V.N., Kharbaka V.A., Maslovskaya O.V. 2024. Multy-year dynamics of some physico-chemical parameters in mire water at the site of salt pollution of the raised bog (Vostochno-Surgutskoye oil field, Western Siberia). *Environmental Dynamics and Global Climate Change*. 15(2): 105-111.

DOI: 10.18822/edgcc636713

В работе рассматриваются особенности изменения некоторых физико-химических параметров болотных вод верхового болота (рН, электропроводность, концентрация хлоридов) за многолетний период.

Ключевые слова: верховое болото, болотные воды, подтоварные воды, солевое загрязнение, физико-химические параметры, рН, электропроводность, хлориды.

The article discusses the features of changes in some physico-chemical parameters of mire waters in raised bog (pH, electrical conductivity, chloride concentration) over a long period.

Keywords: raised bog, mire waters, produced waters, salt pollution, physico-chemical parameters, pH, electrical conductivity, chlorides.

ВВЕДЕНИЕ

Техногенное засоление в Западной Сибири является одной из основных экологических проблем на нефтяных месторождениях из-за широкого распространения солевых загрязнений и их негативного влияния на природные экосистемы. Наименее устойчивыми к воздействию являются верховые болота вследствие уязвимости олиготрофной растительности к засолению и способности торфа накапливать загрязнители.

На сегодняшний день проблема загрязнения болотных экосистем в регионе остается недостаточно изученной и изложена пока в относительно небольшом числе работ [Soromotin et al., 1996; Lapshina, Bloyten, 1999; Avetov, Shishkonakova, 2010; Vodyanitskiy et al., 2013; Voistina, Kharanzhevskaya, 2013; Voistina, Kharanzhevskaya, 2014, etc.], а вопросы, связанные с мониторингом болот при загрязнении на нефтяных месторождениях, представлены в единичных публикациях [Yermolov et al., 2011; Tyurin, 2018; Tyurin, Kukurichkin, 2020; Tyurin, Domakhina, 2023, etc.]. Результаты исследований и наблюдений за состоянием экосистем отражают существенные изменения физико-химических параметров почв и болотных вод (происходит эвтрофикация болот, повышение минерализации, смещение рН к нейтральным значениям). Характерно изменение ионного состава болотных вод (наиболее заметно увеличение массовой доли ионов натрия и хлора). Солевое загрязнение обуславливает кардинальную перестройку биотического компонента экосистем: на место олиготрофных растений приходят мезотрофы и эвтрофы. Наиболее показательным при изменении болотной растительности является появление и зачастую доминирование совершенно нетипичных для болот видов: злаки (вейник наземный – *Calamagrostis epigeios*, бескильница – *Puccinellia* sp.), представители лугового разнотравья, деревья и кустарники из лесных экосистем (береза повислая – *Betula pendula*, осина – *Populus tremula*, ива козья – *Salix caprea* и др.).

В данной работе даются некоторые результаты многолетних наблюдений за состоянием верхового болота на Восточно-Сургутском месторождении нефти, позволяющие частично заполнить пробел в исследовании восстановительной динамики экосистем после солевого загрязнения. Основной упор сделан на физико-химических параметрах (рН, электропроводность, концентрация хлоридов) и их изменении во времени. В дальнейшем предполагается для исследуемого участка обнародовать сведения о состоянии растительного покрова и особенностях его изменения.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Болотный массив, подвергнутый в 2005 г. загрязнению (Рис. 1) на площади около 80 га (участок 1), находится в 15 км северо-восточнее Сургута (Рис. 2). Это один из 4 участков мониторинга в пределах Восточно-Сургутского месторождения нефти.



Рисунок 1. Солевое загрязнение на исследуемом верховом болоте (участок 1). Фото В.Н. Тюрина от 16.07.2005.

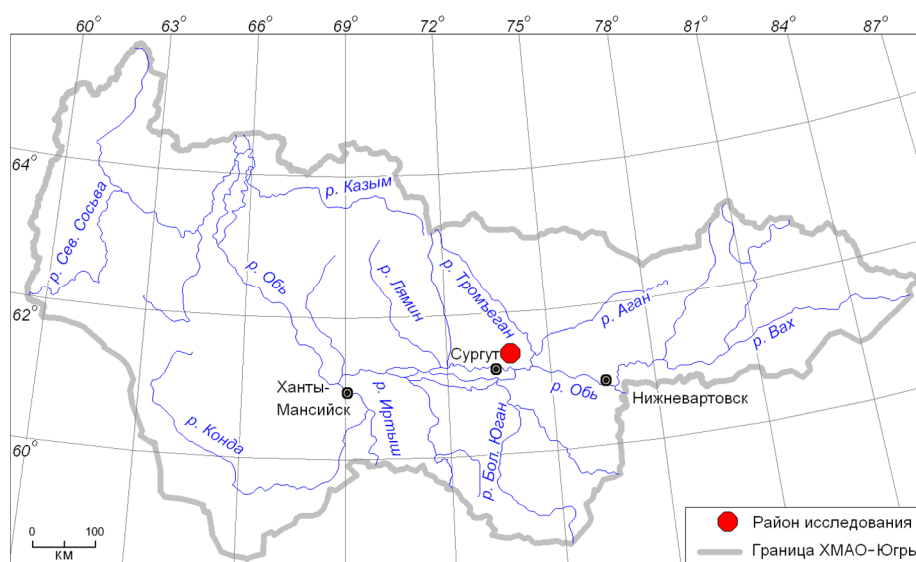


Рисунок 2. Картограмма района исследования.

В 2007 г. в контуре загрязнения были заложены две пробные площадки (ПП) – ПП 1 и ПП 2 для наблюдения за состоянием болотных экосистем. В 2010 г. исследования расширены за счет ПП 6Ф, 7, 8, 13, 14, 15. Позднее ПП 13 и ПП 14 были ликвидированы при строительстве карьера (Рис. 3).

В 2015 г. к западу от коридора трубопроводов дополнительно заложены ПП 21 и ПП 22 в сосново-кустарничково-сфагновом сообществе. Эти площадки в 2005 г. находились на периферии загрязнения, и исходная растительность на них в основном сохранилась. Повреждения растительного покрова на них вследствие повторного загрязнения (2014 г.) зафиксированы в 2015 г. На данном участке болотные воды застаиваются из-за перекрытия стока трубопроводами, и по этой причине вымывание загрязнителя затруднено. Иные площадки расположены на месте кустарничково-сфагнового фитоценоза вниз по склону – к востоку от коридора трубопроводов (табл. 1).

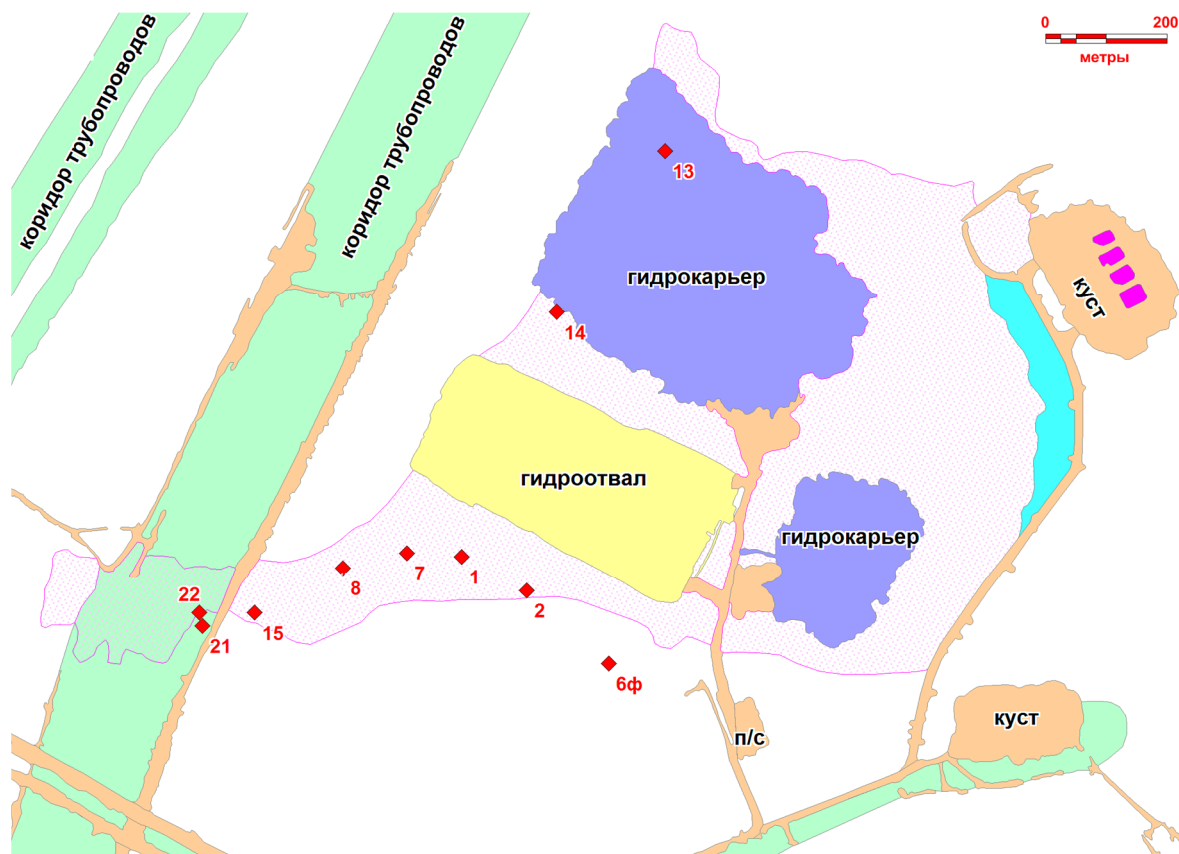


Рисунок 3. Положение пробных площадок на исследуемом участке (сиреневый контур – загрязнение 2005 г.). Картографический материал подготовлен В.Н. Тюриным и А.Н. Ломпас с участием О.А. Воробьевой.

Таблица 1. Общая характеристика пробных площадок (ПП)

ПП №	ПП 22	ПП 21	ПП 15	ПП 8	ПП 7	ПП 1	ПП 2	ПП 6Ф
Широта	61.3811	61.3809	61.3811	61.3817	61.3819	61.3819	61.3814	61.3803
Долгота	73.7060	73.7061	73.7077	73.7104	73.7124	73.7141	73.7161	73.7186
Размеры ПП, м	12.5×8	12.5×8	10×10	10×10	12.5×8	10×10	10×10	10×10
Год закладки ПП	2015	2015	2010	2010	2010	2007	2007	2010
Исходное сообщество	С-кч-сф	С-кч-сф	кч-сф	кч-сф	кч-сф	кч-сф	кч-сф	кч-сф
Расстояние от места аварии, м	50	50	50	180	290	380	480	630

Примечание: координаты (широта и долгота) даны в градусах WGS-84.

Сокращения: С-кч-сф – Сосново-кустарничково-сфагновое, кч-сф – кустарничково-сфагновое, Ф – фоновая (ПП 6Ф).

На площадках замеры параметров (рН, электропроводность, уровень болотных вод) и отбор проб болотных вод и почв проводились в 2007, 2010, 2014-2019 и 2023 гг., на ПП 21 и 22 – с 2015 по 2023 г. Измерения электропроводности выполнены с помощью полевых кондуктометров (преимущественно HM Digital AquaPro и HM Digital COM-100), измерения водородного показателя – портативными рН-метрами (в основном Hanna Checker 1, HM Digital PH 200). В отдельные годы также выполнялись описания растительных сообществ. Пробы почв и болотных вод в основном отбирались из прикопок на уровне мохового очеса (10-20 см). Работы выполнялись с июля по сентябрь (начало октября).

В лабораториях СурГУ определялись концентрация хлоридов (аргентометрическим методом), выборочно ионный состав болотных вод (с помощью капиллярного электрофореза), влажность почв, их зольность, некоторые другие показатели. В данной статье основное внимание уделено хлоридам – ведущему индикатору солевого загрязнения, а также связи показателя с электропроводностью и рН.

Тесная взаимосвязь концентрации хлоридов и электропроводности позволила оценить возможность вычисления показателя проводимости по содержанию ионов хлора, а также ориентировочно рассчитывать концентрацию хлоридов по величине электропроводности. В основу расчетов был взят массив данных для исследуемого участка из 42 парных измерений за 2015-2023 гг. (формула расчета концентрации хлоридов по электропроводности $y=0.4523x-21.064$, электропроводности по хлоридам – $y=1.9386x+56.977$, при величине достоверности аппроксимации 0.88). Использование расчетов потребовалось для определения недостающих значений (см. пояснения к табл. 2 и 3).

Таблица 2. Электропроводность на пробных площадках по годам, мкСм/см

Год	ПП 6Ф	ПП 2	ПП 1	ПП 7	ПП 8	ПП 15	ПП 21	ПП 22	Среднее	
									З	И
2007	н/д	595	645	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	620±25	н/д
2010*	н/д	80	99	89	89	104	н/д	н/д	92±4	н/д
2014*	н/д	100	100	150	164	210	н/д	н/д	145±21	н/д
2015	84	143	177	159	279	398	358	489	231±48	424±66
2016	68	198	195	181	178	214	180	190	193±6	185±5
2017	64	100	95	96	91	113	149	133	99±4	141±8
2018	74	139	133	133	131	129	172	119	133±2	145±27
2019	64	64	62	61	58	59	117	108	61±1	112±5
2023	82	171	166	175	190	249	274	222	190±15	248±26

Сокращения (здесь и в табл. 3 и 4): Ф – фоновая (ПП 6Ф), З – загрязненные на месте выноса загрязнителя в сторону понижения (ПП 2, 1, 7, 8, 15), И – у источника загрязнения (ПП 21, 22), н/д (здесь и в табл. 4 и 5) – нет данных.

Примечание: * в 2010 и 2014 гг. замеры электропроводности не проводились; расчет выполнен по отношению к концентрации хлоридов в соответствии с полученными данными на обследуемом участке за 2015–2023 гг.

Таблица 3. Концентрация хлоридов на пробных площадках по годам, мг/л

Год	ПП 6Ф	ПП 2	ПП 1	ПП 7	ПП 8	ПП 15	ПП 21	ПП 22	Среднее	
									З	И
2007	н/д	257*	280*	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	268±12	н/д
2010	7	12	22	17	16	24	н/д	н/д	18±2	н/д
2014	7	22	22	48	55	79	н/д	н/д	45±11	н/д
2015	20	29	47	52	59	89	146*	207*	55±10	176±31
2016	18	78	75	78	72	87	70	75	78±3	73±3
2017	16	25	23	23	22	28	35	34	24±1	35±1
2018	5	38	37	37	33	31	30	31	35±1	31±1
2019	10	12	12	13	10	13	21	22	12±1	22±1
2023	7	44	47	48	50	111	64	64	60±13	64±0

Примечание: * концентрация хлоридов определена по электропроводности.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Сбор сведений на участке организован только на третий год после загрязнения. По этой причине не удалось оценить физико-химические свойства почв и болотных вод в момент аварии. Однако характер поражения растительности (ее полное уничтожение) указывает на загрязнение, при котором концентрация ионов хлора (основного компонента пластовых вод [Kontorovich et al., 1975]) может превышать фоновые значения на 3 порядка. Максимальная концентрация хлоридов, зафиксированная нами при исследовании участков солевого загрязнения на Восточно-Сургутском месторождении, составила 4 г/л, при фоновых концентрациях в болотных водах в 5–10 мг/л [Savichev, 2015]. В открытых водных объектах содержание ионов хлора также обычно не превышает 10 мг/л [Ivanova, Novikova, 1976; Moskovchenko, 2003; Shornikova, 2009].

Замеры электропроводности спустя два года после аварии (2007 г.) для ПП 2 и ПП 1 показали сохранение высоких ее значений – 595 и 645 мкСм/см (Табл. 2); концентрация хлоридов при этом может превышать 250 мг/л. Через три года после аварии обычно содержание хлоридов уменьшается в 2-4 раза [Tyurin, Kukurichkin, 2020]. Таким образом, концентрация ионов хлора в момент аварии на участке (2005 г.) может быть оценена не менее чем 1 г/л, а электропроводность должна была превышать от 2000 мкСм/см.

В 2010 г. электропроводность приблизилась к фоновым значениям, не превышающим 100 мкСм/см. По концентрации хлоридов отмечалось 2-3-кратное превышение над фоном (Табл. 3). При таких значениях влияние на растительный покров практически отсутствует. Тем не менее возвращение растительности к исходному состоянию не наблюдается и сохраняется преобладание мезотрофных и эвтрофных видов вместо олиготрофов, характерных для начального состояния экосистемы. Изменение видового состава растений указывает на изменение экологических условий, которое, в частности, проявляется в повышении рН в среднем с 4.2 до 5.5 единицы (Табл. 4).

Таблица 4. Значения рН на пробных площадках по годам

Год	ПП 6Ф	ПП 2	ПП 1	ПП 7	ПП 8	ПП 15	ПП 21	ПП 22	Среднее	
									З	И
2010	н/д	6.3	6.5	6.3	6.2	7.0	н/д	н/д	6.5±0.1	н/д
2014	4.4	5.9	6.3	5.9	6.1	6.3	н/д	н/д	6.1±0.1	н/д
2015	4.2	5.5	5.7	5.6	5.4	5.6	6.2	6.2	5.6±0.1	6.2±0.0
2016	4.2	5.2	5.7	5.4	5.4	5.6	5.2	5.4	5.5±0.1	5.3±0.1
2017	4.1	5.0	5.3	5.4	5.6	5.5	5.2	5.6	5.4±0.1	5.4±0.2
2018	4.3	5.3	5.3	5.3	5.2	5.6	5.2	5.4	5.3±0.1	5.3±0.1
2019	4.4	5.6	5.7	5.7	5.7	5.5	5.5	5.9	5.6±0.0	5.7±0.2
2023	4.2	4.9	5.0	5.2	5.2	5.0	4.8	5.0	5.1±0.1	4.9±0.1

Дальнейшее снижение концентрации загрязнителя нам не удалось проследить из-за перерыва в исследовании, а также вследствие очередной аварии предположительно в 2014 г. примерно на том же месте. Последовавшее за ней загрязнение оказалось менее существенным по сравнению с 2005 г. Вблизи очага загрязнения (ПП 15) электропроводность составила 210 мкСм/см, а концентрация ионов хлора показала 10-кратное превышение над фоном. С расстоянием от места аварии зафиксировано закономерное уменьшение показателя почти до фоновых значений. Вместе с тем даже на наиболее удаленной площадке в контуре загрязнения (ПП 2) отмечено 3-кратное превышение над фоновыми значениями и 2-кратный рост по сравнению с предыдущим годом.

В 2015 г. на площадках продолжился рост показателя электропроводности и концентрации хлоридов, что может быть объяснено выносом поллютанта с болотными водами за пределы очага загрязнения. По электропроводности наиболее высокие значения фиксировались вблизи места аварии – на ПП 15 (398 мкСм/см), а также на заложенных в 2015 г. ПП 21 (358 мкСм/см) и ПП 22 (489 мкСм/см). При этом концентрация хлоридов могла достигать 200 мг/л и более. Также на ПП 21 и ПП 22 в 2015 г. зафиксировано частичное разрушение растительного покрова; характер повреждения растений указывает на то, что разлив произошел в 2014 г. (в 2015 г. на соснах сохранилась пожелтевшая хвоя). С удалением от места аварии электропроводность и концентрация ионов хлора закономерно уменьшается, но при этом даже на самых удаленных площадках отмечено 2-4-кратное превышение над фоном по анализируемым показателям. Кроме того, загрязнение впервые было зафиксировано на ПП 6Ф, находящейся в 50 м от границы повреждения растительного покрова (3-кратное превышение над фоном по концентрации хлоридов при незначительном росте электропроводности).

В 2016 г. на площадках вблизи очага загрязнения (ПП 15, ПП 21, ПП 22) отмечено снижение концентрации хлоридов. Между тем с удалением от места аварии (ПП 8, 7, 1, 2) концентрация ионов хлора продолжала увеличиваться, указывая на разнос поллютанта на значительную площадь. Сообразно хлоридам менялась электропроводность, уменьшаясь вблизи места аварии и увеличиваясь с расстоянием по сравнению с предыдущим годом.

В 2017 г. по всем площадкам зафиксировано уменьшение концентрации хлоридов в 2,0-3,4 раза, а также 2-кратное снижение электропроводности для площадок ниже по склону. На ПП 6Ф наблюдалось, как и в 2016 г., незначительное превышение концентрации хлоридов над фоном.

В 2018 г. изменения оказались незначительными. На ПП 21 и ПП 22 концентрация хлоридов снизилась всего на 10%. Также на двух указанных площадках сохранились повышенные значения электропроводности (в среднем около 140 мкСм/см). Для ПП ниже по склону концентрация хлоридов возросла в 1,1-1,6 раза, а электропроводность в 1,1-1,4 раза. Рост загрязнения мог быть связан с особенностями разноса поллютанта на фоне колебания уровня болотных вод. При этом на ПП 6Ф (вне зоны видимого воздействия) концентрация ионов хлора опустилась до фонового уровня.

В 2019 г. показатели загрязнения приблизились к фоновому уровню. Концентрация хлоридов на площадках ниже по склону не превышала 2 крат от фона, а электропроводность соответствовала значениям, характерным для незагрязненных участков. По сравнению с 2018 г. концентрация хлоридов снизилась в 2,4-3,2 раза, а электропроводность – в 2,2-2,3 раза. На ПП 21 и ПП 22 сохранилось 2-кратное превышение над фоном по электропроводности и 3-кратное превышение фоновых значений по концентрации хлоридов. Таким образом, ситуация с динамикой загрязнения после 2014 г. оказалась сходной с таковой для первых лет наблюдения – отмечено преимущественно вымывание поллютанта в течение пяти лет после загрязнения.

Изыскание 2023 г. показало очередной скачок концентрации хлоридов и электропроводности. На ПП 21 и ПП 22 электропроводность выросла в 2,1-2,3 раза, для иных площадок зафиксирован 3-4-кратный рост значений. В этот год также существенно возросла концентрация хлоридов – 3-9-кратное превышение по сравнению с 2019 г. Повышение значений анализируемых показателей может быть связано не только с очередным загрязнением, но также с аномально сухим годом (при уменьшении обводнённости как электропроводность, так и концентрация ионов солей должны возрасти). Причины роста значений в последний год наблюдений могут быть выяснены при дальнейших исследованиях.

ВЫВОДЫ

1. На верховом болоте за 20-летний период наблюдений зафиксировано неоднократное повышение концентрации хлоридов и электропроводности (2007, 2014, 2023 гг.), указывая на периодическое попадание поллютанта в окружающую среду.

2. В течение пяти лет с момента аварии происходит снижение электропроводности до значений, близких к фону. Однако при этом сохраняется остаточное загрязнение, фиксируемое в концентрации хлоридов (до 3 крат).

3. При загрязнении участка наблюдается стабильное снижение кислотности болотных вод (увеличение pH в среднем с 4,2 до 5,5), а также изменение структуры растительного покрова (замещение олиготрофных растений мезотрофными и эвтрофными видами).

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы благодарят Г.М. Кукуричкина, Ю.Н. Гуменюк и Т.А. Бейгишиеву за содействие в организации мониторинга и сбор данных на исследуемом участке в 2010, 2014 и 2015 гг. Также выражаем благодарность за совместную работу студентам: О.А. Воробьевой, А.О. Коху, Т.Р. Мельнику и А.С. Петрякину – при проведении исследований в 2016-2023 гг.

ЛИТЕРАТУРА

- Avetov N.A., Shishkonakova E.A. 2010. Oil pollution of mires in Western Siberia. *Priroda*, 11: 14-24 (in Russian). [Аветов Н.А., Шишконокова Е.А. 2010. Нефтяное загрязнение болот Западной Сибири // Природа. № 11. С. 14-24].
- Ermolov Yu.V., Makhatkov I.D., Milyaeva E.V. 2011. Application conductance-measuring method for studying of self-cleaning of the salted peatbog. In: *West Siberian Peatlands and Carbon Cycle: past and present, Proceedings of the third International Field Symposium*. Novosibirsk, pp. 168-170 (in Russian). [Ермолов Ю.В., Махатков И.Д., Миляева Е. В. 2011. Самоочищение засоленного торфяника по данным кондуктометрических съемок // Западносибирские торфяники и цикл углерода: прошлое и настоящее : материалы III Международного полевого симпозиума. Новосибирск. С. 168-170].
- Ivanov K.E., Novikov S.M. (eds.) 1976. *Bogs of Western Siberia, their structure and hydrological regime*. Gidrometeoizdat, Leningrad, 447 pp. (in Russian). [1976. Болота Западной Сибири, их строение и гидрологический режим / ред.: К.Е. Иванов, С.М. Новиков. Л.: Гидрометеиздат. 447 с.].

- Kontorovich A.E., Nesterov I.I., Salmanov F.K., Surkov V.S., Trofimuk A.A., Ervyer Yu.G. 1975. *Geology of oil and gas of Western Siberia*. Nedra, Moscow, 680 pp. (in Russian). [Конторович А.Э., Нестеров И.И., Салманов Ф.К. Сурков В.С., Трофимук А.А., Эрвье Ю.Г. 1975. Геология нефти и газа Западной Сибири. М.: Недра. 680 с.].
- Lapshina E.D., Bleuten W. 1999. Types of disturbances and self-restoration of vegetation of oligotrophic bogs in oil-production areas of Tomsk province. *Krylovia. Siberian Botanical Journal*, 1 (1): 129-140 (in Russian). [Лапшина Е.Д., Блейтен В. 1999. Типы нарушений и естественное восстановление растительности олиготрофных болот на нефтяных месторождениях Томской области // Krylovia. Сибирский ботанический журнал. Т. 1, № 1. С. 129-140].
- Moskovchenko D.V. 2003. Ecological status of rivers of the Ob basin in oil development areas. *Geography and natural resources*, 1: 35-41 (in Russian). [Московченко Д.В. 2003. Экологическое состояние рек Обского бассейна в районах нефтедобычи // География и природные ресурсы. № 1. С. 35-41].
- Savichev O.G. 2015. Geochemical parameters of bog waters in the taiga zone of the Western Siberia. *Izvestiya RAN. Series geographical*, 4: 47-57 (in Russian). [Савичев О.Г. 2015. Геохимические показатели болотных вод в таежной зоне Западной Сибири // Известия РАН. Серия географическая. № 4. С. 47-57].
- Soromotin A.V., Gashev S.N., Kazantseva M.N. 1996. Salt pollution of taiga biogeocenoses at oil production in the Middle Ob Region. In: *Problems of Geography and Ecology of Western Siberia*. Tyumen State University, Tyumen, pp. 121-131 (in Russian). [Соромотин А.В., Гашев С.Н., Казанцева М.Н. 1996. Солевое загрязнение таежных биogeоценозов при нефтедобыче в Среднем Приобье // Проблемы географии и экологии Западной Сибири : сб. науч. ст. Тюмень: Тюмен. гос. ун-т. С. 121-131].
- Shornikova E.A. 2009. Integral assessment of the state of watercourse ecosystems based on hydrochemical indicators. *Geography and Natural Resource*, 1: 38-45 (in Russian). [Шорникова Е.А. 2009. Интегральная оценка состояния экосистем водотоков по гидрохимическим показателям (на примере Среднего Приобья) // География и природные ресурсы. № 1. С. 38-45.].
- Tyurin V.N. 2018. Anthropogenic dynamics of bog ecosystems by oil and salt pollution. In: *Proceedings of the «IX meeting in memoriam of Ekaterina Alexeevna Galkina»*. Publishing house «LETI», SPb, pp. 215-218 (in Russian). [Тюрин В.Н. 2018. Антропогенная динамика болотных экосистем при нефтяном и солевом загрязнении // IX Галкинские чтения : сб. материалов конференции. СПб.: СПбГЭТУ «ЛЭТИ». С. 215-218].
- Tyurin V.N., Kukurichkin G.M. 2020. Some features of changing in physicochemical parameters of swamp waters with salt pollution (site in Vostochno-Surgutskoye oil field, Surgut lowland of the Western Siberia). *Natural and technical sciences*, 2 (140): 103-107 (in Russian). [Тюрин В.Н., Кукуричкин Г.М. 2020. Некоторые особенности изменения физико-химических параметров болотных вод при солевом загрязнении (участок Восточно-Сургутского месторождения, Сургутская низина Западно-Сибирской равнины) // Естественные и технические науки. № 2 (140). С. 103-107]. <https://doi.org/10.25633/ETN.2020.02.10>
- Tyurin V.N., Domakhina V.A. 2023. The features of seasonal dynamics in physicochemical parameters of swamp waters with salt pollution (Vostochno-Surgutskoye oil field, Surgut lowland of the Western Siberia). *Natural and technical sciences*, 7(182): 49-54 (in Russian). [Тюрин В.Н., Домакина В.А. 2023. Особенности сезонной динамики физико-химических параметров болотных вод при солевом загрязнении (Восточно-Сургутское нефтяное месторождение, Сургутская низина Западно-Сибирской равнины) // Естественные и технические науки. № 7 (182). С. 49-54]. <https://doi.org/10.25633/ETN.2023.07.03>.
- Vodyanitskiy Yu.N., Avetov N.A., Savichev A.T., Trofimov S.Ya., Shishkonakova E.A. 2013. Influence of oil and stratal water contamination on the ash composition of oligotrophic peat soils in the oil-production area (the Ob' region). *Eurasian Soil Science*, 46(10): 1032-1041 (in Russian). [Водяницкий Ю.Н., Аветов Н.А., Савичев А.Т., Трофимов С.Я., Шишконокова Е.А. 2013. Влияние загрязнения нефтью и пластовыми водами на зольный состав олиготрофных торфяных почв в районе нефтедобычи (Приобье) // Почвоведение. № 10. С. 1253-1262]. <https://doi.org/10.7868/s0032180x13100146>.
- Voistinova E.S., Kharanzhevskaya Yu.A. 2013. Features of water chemical composition of bog landscapes in taiga zone of the West Siberia under intensive human impact. *Water: chemistry and ecology*, 8: 8-15 (in Russian). [Воистинова Е.С., Харанжевская Ю.А. 2013. Особенности химического состава вод болотных ландшафтов таежной зоны Западной Сибири в условиях интенсивной антропогенной нагрузки // Вода: химия и экология. № 8. С. 8-15].
- Voistinova E.S., Kharanzhevskaya Yu.A. 2014. Changes in chemical composition of the bog water in the Tomsk region under conditions of anthropogenic impact. In: *West Siberian Peatlands and Carbon Cycle: Past and Present: Proceedings of the Fourth International Field Symposium*. Publishing house of Tomsk University, Tomsk, pp. 305-307 (in Russian). [Воистинова Е.С., Харанжевская Ю.А. 2014. Изменение химического состава болотных вод в Томской области в условиях антропогенной нагрузки // Торфяники Западной Сибири и цикл углерода: прошлое и настоящее : материалы IV Международного полевого симпозиума. Томск: Изд-во Томского ун-та, С. 305-307].

Поступила в редакцию: 04.06.2024
Переработанный вариант: 19.09.2024