
ГЕОБОТАНИКА

УДК 581.526.2 (470.111)

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ, ФЛОРА И РАСТИТЕЛЬНОСТЬ ТУНДРОВЫХ ОЗЁР ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ БОЛЬШЕЗЕМЕЛЬСКОЙ ТУНДРЫ

© Н. В. Цывкунова, К. И. Симонова
N. V. Tsyvkunova, K. I. Simonova

Ecological features, flora and vegetation of tundra lakes
in the western part of Bolshezemelskaya tundra

ФГБУН Ботанический институт им. В. Л. Комарова РАН

197022, г. Санкт-Петербург, ул. Профессора Попова, д. 2, литера В. Тел.: +7 927 629-73-69, e-mail: tsyvkunova.nv@yandex.ru

Аннотация. Работа посвящена изучению экологических особенностей, видового и синтаксономического разнообразия растительности озёр бассейна р. Ортина (западная часть Большеземельской тундры). Исследованы термокарстовые и пойменные озёра, различные по происхождению, морфометрическим и экологическим характеристикам. Преобладают термокарстовые озёра на минеральных грунтах, приуроченные к плоским водораздельным участкам. Для них характерно большее видовое и синтаксономическое разнообразие. Растительность термокарстовых озёр на торфяниках, имеющих низкие значения pH и минерализации воды, напротив, крайне бедна. Для пойменных озёр характерны сплавины. Водная растительность исследованных озёр представлена 9 ассоциациями, отнесёнными к 7 союзам, 5 порядкам и 3 классам флористической классификации. Во флоре водоёмов выявлены 23 вида сосудистых растений и мхов.

Ключевые слова: Арктика, восточноевропейские тундры, озёра, водная растительность, видовое разнообразие, макрофиты.

Abstract. The article is devoted to the study of ecological features, species and syntaxonomic diversity of lake vegetation in the Ortina River basin (western part of the Bolshezemelskaya tundra). Lakes different in origin, morphometric and ecological features were studied. The lakes of the study area were divided into thermokarst and floodplain lakes. Thermokarst lakes on mineral soils, confined to flat watershed areas, prevailed. They are characterized by greater species and syntaxonomic diversity. On the contrary, vegetation of thermokarst lakes on peatlands with low pH and salinity values was extremely poor. Floodplain lakes were characterized by the distribution of floating mats. Aquatic vegetation of the studied lakes is represented by 9 associations, classified into 7 alliances, 5 orders and 3 classes. 23 species of vascular plants and mosses were identified in the flora of water bodies.

Keywords: Arctic, Eastern European tundra, lakes, aquatic vegetation, species diversity, macrophytes.

DOI: 10.22281/2686-9713-2024-3-97-104

Введение

Обилие озёр – характерная особенность тундры, как природно-климатической зоны. Их значимость для арктических экосистем трудно переоценить. Озёра служат важнейшим источником пресной воды в тундре, местообитаниями для многих ресурсных видов рыб, а также местами нагула, гнездования и важнейшей кормовой базой водоплавающих птиц Арктики.

Тундровые озёра разнообразны по происхождению, физическим, химическим и биологическим характеристикам. По происхождению они делятся на: термокарстовые, озёра речного происхождения, лагунные, а также ледниковые – озёра, образовавшиеся в зоне стаивания мёртвого льда и в ледниковых понижениях рельефа (Goldina, 1972). Несмотря на разное происхождение, тундровые озёра характеризуются рядом общих черт, таких как: высокая прозрачность, невысокая цветность, низкая минерализация воды, незначительное содержание соединений биогенных элементов (Flora..., 1978).

Ландшафты бассейна р. Ортина (западная часть Большеземельской тундры) относятся к субарктическим южно-тундровым морским аккумулятивным равнинам с многочисленными термокарстовыми котловинами и озёрами, с ивняковыми травяно-кустарничковыми, кустарничково-моховыми мелкобугорковыми тундрами, с аллювиальными аккумулятивными ландшафтами вдоль пойм крупных рек (Landshaftnaia..., 1980). Их поверхность образована серией плоских песчаных или песчано-суглинистых отложений бореальной трансгрессии (верхние террасы) или послеледниковых трансгрессий с многочисленными остаточными и термокарстовыми озёрами; абсолютные высоты 50–80 м, местами до 120 м и больше (Isachenko, 1985).

В районе исследований наибольшее распространение имеют термокарстовые озёра, приуроченные к плоскобугристым торфяникам и плоским водоразделам, сложенным песчаными и суглинистыми грунтами. Эти озёра обычно характеризуются простыми округлыми очертаниями, небольшой глубиной, слабым стоком, часто имеют заболоченный водосбор. Большинство термокарстовых озёр имеют глубину до 1 м и площади менее 1 км² (Vekhov, Kuliev, 1986). Также распространены пойменные озёра, образованные в результате отшнуровывания от русла рукавов и притоков.

Оценка экологического состояния и мониторинг озёрных биотопов относятся к важнейшим задачам сохранения биологического разнообразия арктических экосистем, на которые в настоящее время оказывается значительная антропогенная нагрузка – положение озёр на пониженных элементах рельефа делает их основными центрами аккумуляции загрязняющих веществ. В качестве индикатора экологического состояния озёр может рассматриваться водная и прибрежно-водная растительность. Однако в полевых условиях изучение гидрофильной растительности в пределах всего водоёма является достаточно трудной задачей в связи с неравномерностью её распределения. Значительно дополнить полевые исследования позволяет применение дистанционных методов, в частности, использование спутниковых снимков сверхвысокого разрешения для точного расчёта морфометрических характеристик водоёмов.

Цель настоящей работы – изучить и сравнить экологические особенности, флористический состав и синтаксономическое разнообразие растительности тундровых озёр различного происхождения с применением полевых и дистанционных методов.

Материалы и методы

Для исследования были выбраны 23 озера различных форм и размеров, различные по происхождению и экологическим характеристикам (рис.).

Полевые работы проводились в июле 2023 г. и включали исследование основных характеристик озёр: морфометрические показатели, характер берега, происхождение, субстрат, цветность, прозрачность, рН и минерализация воды. Два последних показателя измеряли рН-метром/кондуктометром Hanna HI 98129 Combo.

Выполнены геоботанические описания водной и прибрежно-водной растительности и выявлены флористический состав и синтаксономическое разнообразие растительности. Описания выполнены с учётом методических рекомендаций, разработанных для изучения растительности водоёмов (Katanskaia, 1981, Bobrov, Chemeris, 2003). Размер пробной площади зависел от площади сообщества и составлял от 1 м² до 25 м².

Основой для анализа растительности послужили 48 геоботанических описаний.

Границы исследуемых водоёмов оцифрованы вручную по снимку сверхвысокого разрешения, находящемуся в открытом доступе (SASPlanet; <https://www.sasgis.org/sasplaneta/>). Это позволило рассчитать периметр и площадь водоёмов, а также изрезанность береговой линии.

Для выявления зависимости числа видов и синтаксонов от экологических параметров озер рассчитаны коэффициенты корреляции (КК) в программе Statistica 10.

Названия сосудистых растений приведены по работе Н. А. Секретарёвой (Sekretareva, 2004), мохообразных – «Check-list of mosses of East Europe and North Asia» (Ignatov et al., 2006).

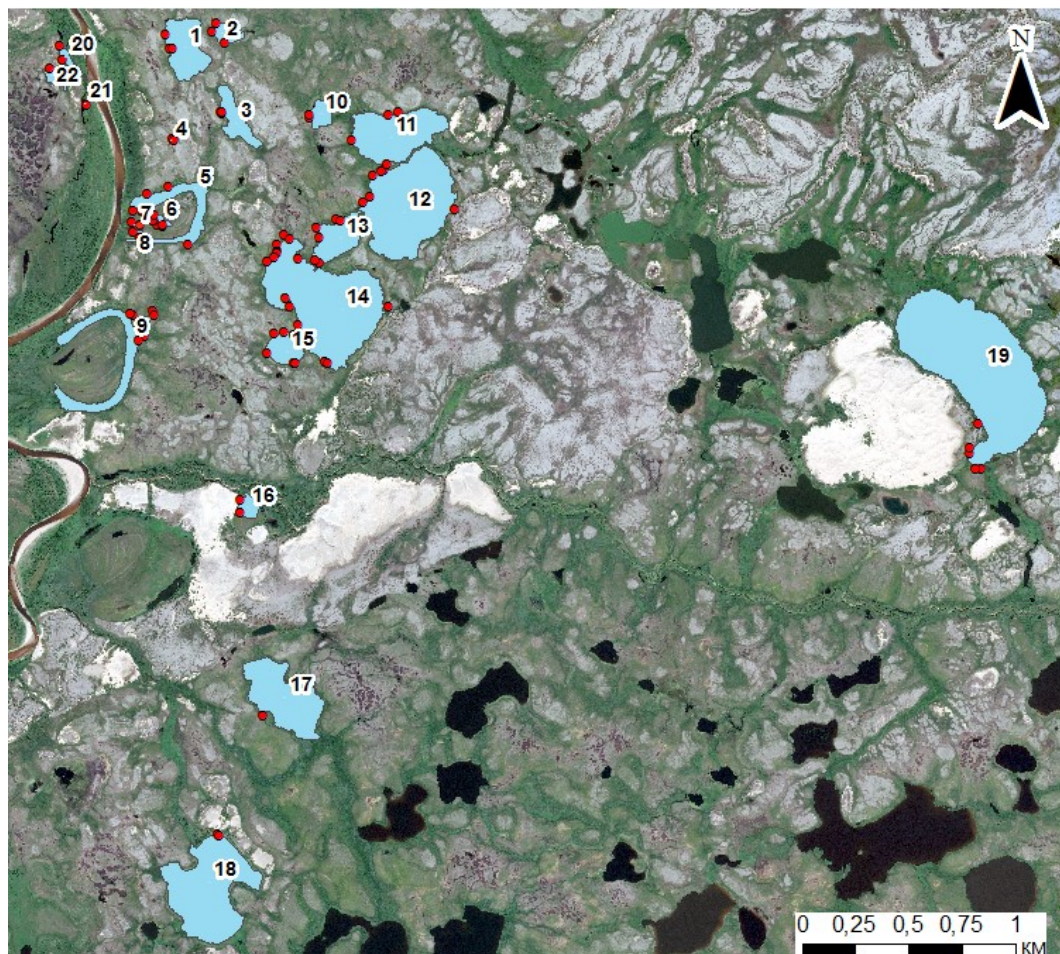


Рис. 1. Местоположение исследованных озёр.

Fig. 1. Location of the studied lakes.

Результаты и обсуждение

Все обследованные озёра по происхождению отнесены к термокарстовым и пойменным. Термокарстовые озёра приурочены к плоскобугристым торфяникам и плоским водоразделам, сложенным песчаными грунтами. Они характеризовались небольшой глубиной, разнообразными формой и размерами (от 336,5 до 308560,3 м²). Коэффициент изрезанности береговой линии значительно варьировал – от 0,068 до 0,213 (табл.).

Термокарстовые озёра на торфяниках имели низкие значения pH – от 5,09 до 5,51, и низкую минерализацию – 11–24 мг/л (табл.). Озёра на минеральных грунтах плоских водоразделов значительно отличались от озёр на торфяниках. Значения pH были близки к нейтральным – 6,19–7,41, минерализация – низкой (от 12 до 70 мг/л). Субстрат – песчаный, песчано-илистый и илистый.

Кроме термокарстовых, на исследуемой территории широко распространены пойменные озёра: старицы, образовавшиеся в результате отшнуровывания от русла р. Ортина, и вторично-пойменные озёра, прилегающие к поймам р. Ортины и ручья Быкшор. Старицы имели характерную удлинённую форму с длиной до 1 км и площадью до 0,048 км², и изрезанностью береговой линии от 0,050 до 0,615.

Видовой состав растений, морфометрические и экологические характеристики озёр

Species composition of plants, morphometric and ecological characteristics of lakes

№ озера	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Происхождение*	тм	тм	тм	тт	п	вп	п	п	п	тм	тм	тм	тм	тм	тм	вп	тм.	тм	тм	п	п	тт	п
Площадь, м ²	43641,9	8080,7	23365,7	336,5	41739,7	2780,8	612,2	998,9	48412,7	10602,2	82205,3	157239,9	33840	190908,6	20139,3	8728,2	85153,4	139402,3	308560,3	4548,4	85,6	5315,8	4018,3
Изрезанность	0,023	0,053	0,038	0,213	0,052	0,085	0,235	0,232	0,050	0,040	0,018	0,011	0,025	0,012	0,026	0,045	0,018	0,014	0,009	0,099	0,615	0,068	0,087
Субстрат**	пи	пи	пи	торф.	пи	ил.	пи	пи	пи	пи	пи	пи	ил.	пи	ил.	пес.	ил.	пес.	пес.	пес.	ил.	торф.	пи
pH	6,57	6,98	6,79	5,09	7,12	6,27	6,44	6,97	6,58	6,19	6,66	6,50	6,58	6,26	6,94	6,6	6,47	7,41	7,14	5,6	5,44	5,51	6,75
Минерализация, мг/л	31	70	34	24	46	22	49	47	43	32	42	40	38	44	59	12	40	46	35	9	11	11	46
Число синтаксонов	3	2	2	2	2	2	2	2	2	3	1	2	4	6	3	1	2	2	2	1	1	3	2
Число видов макрофитов:	3	6	3	2	5	4	6	3	5	6	5	5	4	10	8	2	4	5	6	3	2	2	3
водные	2	3	1	2	1	2	1	1	2	3	3	1	1	3	4	0	0	1	0	0	1	1	1
<i>Hippuris vulgaris</i>	+	+	.	+	.	+	.	.	.	+	+	.	.	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Potamogeton berchtoldii</i>	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>P. perfoliatus</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	+	.	.	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Sparganium hyperboreum</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	.	.	+	.	.	+	+	+
прибрежно-водные	1	3	2	0	5	2	5	2	3	3	1	4	3	6	3	2	3	4	6	3	1	1	2
<i>Carex aquatilis</i>	+	.	+	.	+	.	.	.	.	.	.	+	+	+	+	.	+	+	+	+	.	+	.
<i>C. rostrata</i>	.	+	.	.	+	.	+	.	+	+	.	+	.	+	+	+	+	+	+	+	.	.	+
<i>Comarum palustre</i>	.	+	.	.	+	+	.	.	+	+	.	+	+	+	.	.	.	.	+	+	+	.	+
<i>Epilobium palustre</i>	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Equisetum arvense</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	+	.	.	.
<i>E. fluviatile</i>	.	.	.	.	+	.	+	+	.	+	+	+	+	+	+	+	.	+	+	.	.	.
<i>Menyanthes trifoliata</i>	.	.	.	.	+	+	+	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Число видов мхов	0	1	0	0	3	1	1	2	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	3	1	1	2	0
<i>Calliergon cordifolium</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	+	.	.	.	.	.
<i>Warnstorfia exannulata</i>	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	+	.
<i>W. trichophylla</i>	.	+	.	.	+	+	+	+	.	+	.	.	+	.	+	+	+	+	+	+	+	.	.

*тм – термокарстовое на минеральных субстратах, тт – термокарстовое на торфяном субстрате, п – пойменное; вп – вторично-пойменное.

**пи – песчано-илистый, торф. – торфяной, пес. – песчаный; ил. – илистый.

Виды, встреченные в одном озере: *Arctophila fulva* 14, *Calliergon megalophyllum* 8, *Caltha palustris* 19, *Eriophorum polystachion* 14, *Pseudobryum cinclidioides* 19, *Sphagnum jensenii* 22, *Splachnum vasculosum* 14, *Stellaria crassifolia* 14.

Вторично-пойменные озёра имели округлую форму. Субстрат встречался песчаный, песчано-илистый или илистый. Минерализация, в среднем, выше, чем в термокарстовых озёрах (43–49 мг/л), реакция воды близка к нейтральной (значения рН – 6,44–7,12). Исключение составили старицы, расположенные в непосредственной близости к болотному комплексу и имеющие с ним водообмен, величина рН в них составляла 5,44–5,60, минерализация была очень низкой – 9–11 мг/л.

Водная растительность обследованных озёр представлена 9 ассоциациями (определения даны в Перечне синтаксонов флористической классификации), которые отнесены к 7 союзам, 5 порядкам и 3 классам.

Перечень синтаксонов флористической классификации тундровых озёр западной части Большеземельской тундры

Класс *Platyhypnidio-Fontinalietea antipyreticae* Philippi 1956

Порядок *Leptodictyetalia riparii* Philippi 1956

Союз *Fontinalion antipyreticae* W. Koch 1936

Асс. *Warnstorfietum trichophyllae* Lavrinenko et D'yachkova 2021 – сообщества *Warnstorfia trichophylla* на мелководье пойменных озёр

Класс *Potametea* Klika in Klika et Novák

Порядок *Potametalia* Koch 1926

Союз *Potamion* Libbert 1931

Асс. *Potametum perfoliati* Miljan 1933 – сообщества *Potamogeton perfoliatus* на песчано-илистых субстратах в термокарстовых озёрах

Класс *Littorelletea uniflorae* Br.-Bl. et Tx. ex Westhoff et al. 1946

Порядок *Littorelletalia uniflorae* Koch ex Tx. 1937

Союз *Sparganion hyperborei* Teteryuk, Lavrinenko et Kipriyanova 2022

Асс. *Sparganietum hyperborei* Teteryuk, Lavrinenko et Kipriyanova 2022 – сообщества *Sparganium hyperboreum* в термокарстовых и пойменных озёрах

Класс *Phragmito-Magnocaricetea* Klika in Klika et Novák 1941

Порядок *Phragmitetalia* W. Koch 1926

Союз *Phragmition communis* W. Koch 1926

Асс. *Equisetum fluviatilis* Nowiński 1931 – сообщества *Equisetum fluviatile* в литоральной зоне крупных озёр термокарстового происхождения с песчаными и песчано-илистыми субстратами

Порядок *Magnocaricetalia* Pignatti 1953

Союз *Magnocaricion elatae* Koch 1926

Асс. *Caricetum aquatilis* Savich 1926 – прибрежно-водные заросли *Carex aquatilis*

Асс. *Caricetum rostratae* Rübel 1912 – прибрежно-водные заросли *Carex rostrata*

Союз *Carici-Rumicion hydrolapathi* Passarge 1964

Асс. *Comaretum palustris* Markov et al. 1955 – растительность сплавин *Comarum palustre* на мелководье термокарстового озера с песчано-илистым субстратом, в примеси *Warnstorfia trichophylla*

Асс. *Menyanthetum trifoliatae* Steffen 1931 – растительность сплавин *Menyanthes trifoliata* на краю пойменных озёр с иловатым субстратом

Порядок *Oenanthetalia aquatica* Hejný ex Balátová-Tuláčková et al. 1993

Союз *Arctophilion fulvae* Pstryakov et Gogoleva in Kholod 2007

Асс. *Arctophiletum fulvae* Sambuk 1930 – прибрежно-водные заросли *Arctophila fulva* на песчаной отмели крупного озера термокарстового происхождения

Союз *Eleocharito palustris-Sagittarion sagittifoliae* Passarge 1964

Асс. *Hippuridetum vulgaris* Passarge 1955 – сообщества *Hippuris vulgaris* в термокарстовых и пойменных озёрах с песчано-илистым и илистым субстратом

Во флоре водоёмов выявлено 23 вида сосудистых растений и мхов.

Наиболее бедный видовой и синтаксономический состав характерен для термокарстовых озёр на торфяниках (озёра 4 и 22), где встречены 3 вида и установлены 3 синтаксона – асс. *Hippuridetum vulgaris*, *Sparganietum hyperborei*, *Caricetum aquatilis* (табл.).

Термокарстовые озёра на минеральных субстратах имели большее видовое и синтаксономическое разнообразие. В озерах с песчаными грунтами в основном встречались сообщества класса *Phragmito–Magnocaricetea*: асс. *Caricetum aquatilis*, *Caricetum rostratae*, *Equisetum fluviatilis*, *Comaretum palustris*, а также сообщества земноводных растений асс. *Sparganietum hyperborei*. В озёрах с илистыми и песчано-илистыми грунтами, кроме того, выявлены сообщества гидатофитов асс. *Potametum perfoliati*. Общее число видов – 2 (табл.).

Среди этой группы значительно выделялось озеро 14 площадью 190908,6 м² с песчано-илистым субстратом на дне. В нём обнаружено наибольшее число видов макрофитов (10), среди которых 6 – прибрежно-водные виды.

В озере 19, которое являлось самым крупным на исследуемой территории (площадь – 308560,3 м²), также обнаружены 6 видов прибрежно-водных растений, однако настоящих гидрофитов не отмечено. Это озеро имеет песчаный субстрат, нейтральную реакцию воды (рН – 7,14) и низкую минерализацию (35 мг/л), оно расположено на некотором удалении (более 2 км) от остальных обследованных озёр. Видовой состав макрофитов также отличался от других озёр: обнаружены виды *Caltha palustris* и мох *Pseudobryum cinclidioides*, которые в других озёрах не встречались (табл.).

Наибольшее число видов настоящих гидрофитов обнаружено в озере 15. Кроме обычных для исследованной территории макрофитов: *Hippuris vulgaris*, *Potamogeton perfoliatus*, *Sparganium hyperboreum*, здесь обнаружен *Potamogeton bercholdii*. Данное озеро имело площадь поверхности 20139,3 м², илистый субстрат, рН воды – 6,94, и более высокую по сравнению с другими озёрами минерализацию – 59 мг/л. Отличительной чертой озера был пологий берег, заросший осоками. Мягкие илистые субстраты способствуют развитию гидатофитов (Ваатруп-Педерсен, Риис, 1999.).

Растительность пойменных озёр (5–9, 23) представлена сообществами класса *Phragmito–Magnocaricetea*: асс. *Caricetum aquatilis*, *Caricetum rostratae*, широко распространены сплавнины: асс. *Comaretum palustris*, *Menyanthetum trifoliatae*, *Warnstorfiatum trichophyllae*. Общее число выявленных видов – 12. Только в пойменных озёрах встречен *Menyanthes trifoliata*. Пойменные старицы 20, 21, имеющие водообмен с болотным комплексом и характеризующиеся низкими значениями рН и минерализации, отличались меньшим, по сравнению с другими пойменными озерами, видовым и синтаксономическим разнообразием (табл.).

Анализ показал, что разнообразие видов сосудистых растений умеренно коррелировало с площадью озёр ($KK = 0,44$; число пар (N) – 23; $p = 0,034$), при этом более сильная зависимость установлена для прибрежно-водных растений ($KK = 0,62$; $N = 23$; $p = 0,002$). Это можно объяснять тем, что более крупные озёра имеют более протяжённую береговую линию, что приводит к формированию большего разнообразия местообитаний в пределах одного озёра (Makela et al., 2004). Зависимость видового разнообразия водных макрофитов от минерализации можно охарактеризовать как умеренную ($KK = 0,64$; $N = 23$; $p = 0,001$). Из положительных корреляций средней силы установлена связь между встречаемостью *Equisetum fluviatile* и значениями рН ($KK = 0,48$; $N = 23$; $p = 0,021$). *Carex rostrata* предпочитала заиленные субстраты ($KK = 0,43$; $N = 23$; $p = 0,042$).

Заключение

Исследуемые озёра различались по происхождению, морфометрическим и экологическим характеристикам, которые, в свою очередь, повлияли на состав и распределение водной и прибрежно-водной растительности. Преобладающим типом были озёра термокарстового происхождения, приуроченные к плоским минеральным водораздельным участкам. Они, в отличие от озёр на торфяниках со слабо кислой реакцией воды и торфяным дном,

имели нейтральные значения рН, песчаный, песчано-илистый и илистый субстрат, более богатую флору и растительность.

Пойменные озёра представлены старицами, образовавшимися в результате отшнурования от русла р. Ортина, и вторично-пойменными озёрами, прилегающими к поймам р. Ортина и руч. Быкшор. Субстрат встречался песчаный, песчано-илистый и илистый. Минерализация была, в среднем, выше, чем в термокарстовых озёрах, значения рН, в основном, близки к нейтральным.

Общее число видов сосудистых растений и мхов, выявленных в озёрах, – 23 вида. В обследованных озерах, в среднем, встречалось 4–5 видов сосудистых растений и 1 вид мха. Видовое разнообразие прибрежно-водных растений зависело от площади озёр: большее число видов обнаружено в более крупных озёрах. Более протяжённая береговая линия крупных озёр способна создать широкий спектр местообитаний.

Водная растительность исследованных озёр представлена 9 ассоциациями, которые были отнесены к 7 союзам, 5 порядкам и 3 классам флористической классификации.

Благодарим О. М. Афонину (Ботанический институт им. В. Л. Комарова РАН) за определение мхов; А. А. Боброва (Институт биологии внутренних вод имени И. В. Папанина РАН) за определение некоторых видов водных растений; И. А. Лавриненко, О. В. Лавриненко за всестороннюю помощь в проведении исследования; директора заповедника «Ненецкий» С. А. Золотова и инспектора Н. А. Котельникова за помощь при проведении экспедиции.

Список литературы

- [Bobrov, Chemeris] *Бобров А. А., Чемерис Е. В.* 2003. Описание растительных сообществ в водоёмах и водотоках и подходы к их классификации методом Браун-Бланке // Гидробиотаника: Методология и методы: Мат. Школы по гидробиотанике. Рыбинск. С. 105–117.
- [Dauvalter, Khloptseva] *Даувальтер В. А., Хлопцева Е. В.* 2008. Гидрологические и гидрохимические особенности озер Большеземельской тундры // Вестник МГТУ. № 11 (3). С. 407–414.
- [Flora...] Флора и фауна водоёмов Европейского Севера (на примере озёр Большеземельской тундры). 1978. Л.: Наука. 192 с.
- [Goldina] *Голдина Л. П.* 1972. Озёра восточной части Большеземельской тундры (в бассейнах рек Адзъва, Кортаиха, Большая Роговая и Сейда-Ю) // Типология озёр. М. С. 159–172.
- Ignatov M. S., Afonina O. M., Ignatova E. A.* 2006. Check-list of East Europe and North Asia // *Arctoa*. V. 15. P. 1–130. P. 75–81.
- [Isachenko] *Исаченко А. Г.* (науч. ред.). 1985. Ландшафтная карта СССР. Масштаб 1: 4 000 000.
- [Katanskaya] *Катанская В. М.* 1981. Высшая водная растительность континентальных водоёмов СССР. Л.: Наука. 187 с.
- [Khokhlova] *Хохлова Л. Г.* 2002. Гидрохимическая изученность поверхностных вод Большеземельской тундры // Возобновимые ресурсы водоемов Большеземельской тундры. Сыктывкар: Коми НЦ УрО РАН. С. 5–14.
- [Landshaftnaia...] Ландшафтная карта СССР. Масштаб 1 : 2 500 000 (в 1 см 25 км). 1980 / Гудилин И. С. (ред.). М.: Гидрогеология.
- Makela S., Huitu E., Arvola L.* 2004. Spatial patterns in aquatic vegetation composition and environmental covariates along chains of lakes in the Kokemäenjoki watershed (S. Finland) // *Aquat. Bot.* № 80. P. 253–269.
- Mucina L., Bültmann H., Dierßen K., Theurillat J.-P., Raus T., Čarni A., Šumberova K., Willner W., Dengler J., García R. G., Chytrý M., Hájek M., Di Pietro R., Iakushenko I., Pallas J., Daniëls F. J. A., Bergmeier E., Guerra A. S., Ermakov N., Valachovič M., Schaminée J. H. J., Lysenko T., Didukh Y. P., Pignatti S., Rodwell J. S., Capelo J., Weber H. E., Solomeshch A., Dimopoulos P., Aguiar C., Hennekens S. M., Tichý L.* 2016. Vegetation of Europe: hierarchical floristic classification system of vascular plant, bryophyte, lichen, and algal communities // *Appl. Veg. Sci.* V. 19 Suppl. 1 P. 3–264. <https://doi.org/10.1111/avsc.12257>
- [Sekretareva] *Секретарева Н. А.* 2004. Сосудистые растения Российской Арктики и сопредельных территорий. М. 131 с.
- [Vekhov, Kuliev] *Вехов Н. В., Кулиев А. Н.* 1986. Распространение гидрофильных растений на Северном Тимане, в Малоземельской и на западе Большеземельской тундры // Бот. журн. Т. 71. № 9. С. 1241–1248.
- Vestergaard O., Sand-Jensen K.* 2000. Aquatic macrophyte richness in Danish lakes in relation to alkalinity, transparency, and lake area // *Can. Journ. Fish. Aquat. Sci.* V. 57. P. 2022–2031.

References

Bobrov A. A., Chemeris E. V. 2003. Opisaniye rastitel' nyh soobshhestv v vodoemah i vodotokah i podhody k ih klassifikacii metodom BraunBlanke [Description of plant communities in reservoirs and streams and approaches for their classification]

fication by Braun-Blanquet approach] // *Gidrobotanika: Metodologija i metody: Mat. Shkoly po gidrobotanike*. Rybinsk. P. 105–117. (*In Russian*)

Dauvalter V. A., Khloptseva E. V. 2008. Hydrological and hydrochemical features of the lakes in Bol'shezemel'skaya tundra // *Vestn. Murm. Gos. Tekh. Univ.* V. 11. № 3. P. 407–414. (*In Russian*)

Flora i fauna vodoemov Evropeiskogo Severa (na primere ozer Bol'shezemel'skoi tundry). [Flora and fauna of the water bodies of the European North. (On example of Bolshezemel'skay tundra lakes)]. 1978. Leningrad: Nauka. 192 p. (*In Russian*)

Goldina L. P. 1972. Geografiya ozer Bol'shezemel'skoi tundry [Geography of the Lakes of the Bol'shaya Zemlya Tundra]. Leningrad: Nauka. 99 p. (*In Russian*).

Ignatov M. S., Afonina O. M., Ignatova E. A. 2006. Check-list of East Europe and North Asia // *Arctoa*. V. 15. P. 1–130. P. 75–81.

Isachenko A. G. (Sci. ed.). 1985. Landshaftnaya karta SSSR. Masshtab 1:4 000 000 [Landscape map of the USSR. Scale 1 : 4 000 000]. (*In Russian*)

Katanskaya V. M. 1981. Vysshaya vodnaya rastitel'nost' kontinental'nykh vodoemov SSSR [Higher aquatic vegetation of continental water bodies of the USSR: study methods]. Metody izucheniya. Leningrad: Nauka. 188 p (*In Russian*)

Khokhlova L. G. 2002. Hydrochemical knowledge of surface water in Bol'shezemel'skaia tundra, in Vozobnovlyayemye resursy vodoemov Bol'shezemel'skoi tundry [Renewable resources of water bodies in Bol'shezemel'skaya tundra]. *Sytkyvkav. P.* 5–14.

Landshaftnaya karta SSSR. Masshtab 1 : 2 500 000 (v 1 cm 25 km) [Landscape map of the USSR. Scale 1 : 2 500 000 (in 1 cm 25 km). 1980 / Gudilin I. S. (ed.). Moscow: Gidrospeitsgeologiya. (*In Russian*).

Makela S., Huitu E., Arvola L. 2004. Spatial patterns in aquatic vegetation composition and environmental covariates along chains of lakes in the Kokemäenjoki watershed (S. Finland) // *Aquat. Bot.* № 80. P. 253–269.

Mucina L., Bültmann H., Dierßen K., Theurillat J.-P., Raus T., Čarni A., Šumberova K., Willner W., Dengler J., Garcia R. G., Chytrý M., Hájek M., Di Pietro R., Iakushenko I., Pallas J., Daniëls F. J. A., Bergmeier E., Guerra A. S., Ermakov N., Valachovič M., Schaminée J. H. J., Lysenko T., Didukh Y. P., Pignatti S., Rodwell J. S., Capelo J., Weber H. E., Solomeshch A., Dimopoulos P., Aguiar C., Hennekens S. M., Tichý L. 2016 Vegetation of Europe: hierarchical floristic classification system of vascular plant, bryophyte, lichen, and algal communities // *Appl. Veg. Sci.* V. 19 Suppl. 1 P. 3–264. <https://doi.org/10.1111/avsc.12257>

Sekretareva N. A. 2004. Vascular plants of Russian Arctic and adjacent territories. Moscow: Tov. nauch. izd. KMK. 131 p. (*In Russian*).

Vekhov N. V., Kuliev A. N. 1986. Distribution of hydrophilous plants in northern Timan, Malozemelskaia Tundra and in the western part of the Bolshezemel'skaia Tundra // *Bot. zhurn.* T. 71. № 9. P. 1241–1248.

Vestergaard O., Sand-Jensen K. 2000. Aquatic macrophyte richness in Danish lakes in relation to alkalinity, transparency, and lake area // *Can. Journ. Fish. Aquat. Sci.* V. 57. P. 2022–2031.

Сведения об авторах

Цыркунова Наталья Владимировна

м. н. с. лаборатории динамики растительного покрова Арктики
ФГБУН Ботанический институт им. В. Л. Комарова РАН,
Санкт-Петербург
E-mail: tsyukunova.nv@yandex.ru

Tsyukunova Natalia Vladimirovna

Junior Researcher of the Laboratory of Dynamics
of the Arctic Vegetation Cover
Komarov Botanical Institute RAS, St. Petersburg
E-mail: tsyukunova.nv@yandex.ru

Симонова Ксения Игоревна

м. н. с. лаборатории динамики растительного покрова Арктики
ФГБУН Ботанический институт им. В. Л. Комарова РАН,
Санкт-Петербург
E-mail: KSimonova@binran.ru

Simonova Ksenia Igorevna

Junior Researcher of the Laboratory of Dynamics
of the Arctic Vegetation Cover
Komarov Botanical Institute RAS, St. Petersburg
E-mail: KSimonova@binran.ru