

---

## ГЕОБОТАНИКА

---

УДК: 581.5

### ПРОБЛЕМЫ ПРИМЕНЕНИЯ ЕВРОПЕЙСКИХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ШКАЛ ДЛЯ ВИДОВ СОСУДИСТЫХ РАСТЕНИЙ ВОСТОЧНОЕВРОПЕЙСКИХ ТУНДР

© А. М. Лапина  
А. М. Lapina

Problems of application of European ecological scales  
for vascular plant species of the Eastern European tundra

ФГБУН Ботанический институт им. В. Л. Комарова РАН  
197022, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Профессора Попова, д. 2, лит. В. Тел.: +7 (812) 372-54-43, e-mail: alapina@binran.ru

Аннотация. Анализ европейских экологических шкал Г. Эллэнберга (Центральная Европа) и Т. Тайлера с соавторами<sup>1</sup> (Швеция) применительно к 260 видам сосудистых растений восточноевропейских тундр показал, что оценки оптимума по обеим шкалам имеют только 57 % видов этого региона, что свидетельствует об актуальности разработки региональных экологических шкал для отдельных секторов российской Арктики. Установлено, что число видов восточноевропейских тундр, которые имеют оценку оптимума по шкалам Тайлера, существенно выше, чем по шкалам Эллэнберга, при этом доля видов, охваченных европейскими шкалами снижается по мере продвижения с запада на восток. Выделена группа видов с одинаковыми значениями оптимумов по обеим шкалам, которые планируется использовать в качестве опорных таксонов при разработке региональных экологических шкал для видов сосудистых растений восточноевропейских тундр.

Ключевые слова: экологические шкалы, шкалы Эллэнберга, шкалы Тайлера, восточноевропейские тундры.

Abstract. An analysis of the European ecological scales of Ellenberg (Central Europe) and Tyler et al. (Sweden) applied to 260 species of vascular plants of the Eastern European tundra showed that only 57% of the species in this region have optimum estimates for both scales, which indicates the relevance of developing regional ecological scales for individual sectors of the Russian Arctic. It was found that the number of species in the Eastern European tundra that have an optimum estimate for the Tyler scales is significantly higher than for the Ellenberg scales, while the proportion of species covered by the European scales decreases from west to east. A group of species with identical optimum values for both scales was identified, which are planned to be used as reference taxa in developing regional ecological scales for vascular plant species of the Eastern European tundra.

Keywords: ecological scales, Ellenberg indicator values, Tyler indicator values, East European tundra.

DOI: 10.22281/2686-9713-2024-4-36-50

### Введение

В последние десятилетия стало очевидным, что с точки зрения сохранения биоразнообразия мониторинг состояния местообитаний или биотопов гораздо более эффективен, чем контроль популяций отдельных видов. Об этом свидетельствует целый ряд национальных и международных программ и проектов: NATURA 2000, EUNIS и др., а также каталоги и «Красные списки» местообитаний, которые служат важнейшими инструментами государственной природоохранной политики (Lavrinenko, 2020a).

---

<sup>1</sup> Далее в тексте экологические шкалы, приведённые в работе «Ecological indicator and traits values for Swedish vascular plants» (Tyler et al., 2021), обозначены как «шкалы Тайлера».

Существующие подходы к мониторингу биотопов во многом основаны на индикационной роли растительности. Современные представления об экологической специфичности видов растений и их групп начали активно развиваться в начале прошлого века (Keller, 1914; Gleason, 1917; Ramenskii, 1924) и стали фундаментом особой области науки о растительности, посвящённой определению экологических условий местообитаний по характеристикам популяций видов в составе растительных сообществ этих местообитаний. В рамках общих терминов «фитоиндикация» и «биоиндикация» распространены разные варианты названия этой области науки о растительности: индикационная геоботаника (Viktorov et al., 1962), фитоценоиндикация (Vykov, 1970) и геоботаническая индикация (Korchagin, 1971).

Если показатели большинства экологических факторов характеризуются значительным сезонным и межгодовым варьированием, то флористический состав сообщества является более постоянным показателем, отражающим усреднённые многолетние экологические параметры местообитания (Korolyuk, 2007). Также необходимо учитывать, что кроме непосредственного влияния факторов на фитоценоз в действительности имеют место многоплановые и труднопрогнозируемые результаты их взаимодействия (синергизм и диссинергизм), учесть которые практически невозможно (Lavrinenko, 2020b).

Главное достоинство геоботанической индикации – это возможность быстро и объективно произвести оценку местообитаний по отдельным факторам среды на основе геоботанических описаний растительности (Sorokina, 1953). В геоботанических исследованиях экологические шкалы активно используются для оценки экотопических условий (Diekmann 1995), оценки степени нарушенности растительного покрова (Midolo et al., 2023), в исследованиях динамики растительного покрова (Bauer, Albrecht, 2020). Наиболее распространённое применение экологических шкал – это сравнение средневзвешенных или средних значений, полученных для растительности различных типов (Diekmann, 2003).

Для некоторых регионов мира разработан целый ряд экологических шкал (Tsatsenkin, 1967, 1970; Ellenberg, 1974; Tsatsenkin, Kasach, 1970; Kashkarova, 1972; Landolt, 1977; Sokol, 1980; Tsyganov, 1983; Ellenberg, Leuschner, 2010; Didukh, 2011; Dítě et al., 2023). В России для фитосоциологической индикации чаще всего применяются амплитудные (диапазонные) экологические шкалы Л. Г. Раменского (Ramenskii et al., 1956) и Д. Н. Цыганова (Tsyganov, 1983), содержащие интервальные оценки экологических характеристик таксонов на шкалах основных факторов среды. В зарубежной геоботанике широко используются балльные (точные или оптимумные) экологические шкалы Э. Ландольта (Landolt, 1977) и шкалы Г. Элленберга (Ellenberg, Leuschner, 2010), получившие название «индикаторных значений» (indicator values). В них указаны оценки оптимумов видов по каждому приведённому в шкалах фактору, которые дают представление о предпочтительных условиях произрастания того или иного вида.

В отличие от диапазонных экологических шкал, в балльных шкалах Элленберга для каждого вида приведено одно значение, которое служит отражением оптимума реализованной ниши вида на градиенте выраженности фактора. Число ступеней невелико (1–9, либо 1–12 для шкалы увлажнения). Такая форма шкал затрудняет оценку экологической амплитуды видов, но даёт представление об их экологических предпочтениях. Многие авторы разрабатывали оптимумные экологические шкалы для видов Европы (Hundt, 1966 и др.), но наиболее широко применяются шкалы Э. Ландольта (Landolt et al., 2010) и Г. Элленберга (Ellenberg, Leuschner, 2010). Последние были разработаны для следующих факторов среды: освещённость, температура, континентальность, увлажнённость, кислотность почвы и богатство почвы элементами минерального питания. Основой для них послужили классические работы А. Каяндера (Cajander, 1926) по классификации типов лесных сообществ и Й. Иверсена (Iversen, 1936), который выделил группы таксонов по их реакции на средообразующие экологические факторы. Ключевое отличие подхода Элленберга от предыдущих исследований – использование не словесных, а численных обозначений экологических характеристик видов. Г. Элленберг разрабатывал систему индикаторных значений, основыва-

ясь на собственных полевых наблюдениях, и, частично, измерениях условий среды, выполненных в Германии в середине прошлого века. В 1980-е годы были опубликованы таблицы индикаторных значений для сосудистых растений Центральной Европы. Работа по уточнению оптимумов видов и их определению для новых таксонов ведется постоянно (Tichy et al., 2023).

Шкалы Элленберга имеют ряд ограничений. Несмотря на достаточный уровень корреляции с полевыми измерениями соответствующих параметров среды, в ряде случаев возможность индикации почвенных характеристик (кислотность, богатство почв) ограничена и требует включения в анализ параметров среды в качестве дополнительного весового коэффициента (Schaffers, Sýkora 2000). Некоторые исследователи полагают, что расчёт средневзвешенных экологических статусов для фитоценозов (наиболее распространённый способ применения индикаторных значений Элленберга) требует осторожности, поскольку демонстрирует завышенные результаты по сравнению с реальными измерениями факторов среды, и что индикаторные значения желательно использовать только совместно с полевыми измерениями (Wamelink et al., 2002).

Экологические шкалы Элленберга были разработаны для относительно небольшой территории Среднегерманской возвышенности, но применяются в самых разных регионах Европы, в связи с чем геоботаники по всему миру уделяли значительное внимание вопросу эффективности использования этих шкал за пределами Центральной Европы (Diekmann, 1995; Hill et al., 2000). Российские исследователи активно используют шкалы Элленберга для индикации условий местообитаний (Egorova, Suleimanova, 2023), анализа экологического своеобразия синтаксономических единиц растительности (Komarova et al., 2021), оценки динамики растительного покрова (Mirin, Tihodeeva, 2020; Troshin, Mirin, 2024), характеристики диапазонов экологических ниш видов.

Большинство этих исследований подтвердили достаточный уровень достоверности индикаторных значений Элленберга для большинства видов в крупном географическом масштабе (Hawkes et al., 1997). Тем не менее, Г. Элленберг с соавторами рекомендовали не полагаться на однородность экологических характеристик таксонов в пределах разных природных зон, поскольку экологические характеристики одного и того же вида различаются на географическом градиенте, и при удалении от модельного района эти различия становятся критически значимыми (Nitsenko, 1957). По мере продвижения с юга на север ширина реализованных экологических ниш увеличивается, особенно у ацидофильных видов (Reinecke et al., 2016), а достоверность индикаторных значений Элленберга по основным факторам среды (температура, богатство и кислотность почвы) снижается (Hedwall et al., 2019). Причин для изменений экологических характеристик таксонов может быть несколько: изменения физиологических потребностей популяции вида в связи с изменением условий местообитания на границе ареала; изменение масштабов реализованной экологической ниши вида в местообитаниях на границе ареала в связи с другими условиями конкуренции (Diekmann, 1995).

Приоритетными задачами в области фитосоциологической индикации являются расширение экологических шкал для новых регионов, их корректировка и присвоение новых значений местным видам (Diekmann, 1995, 2003). Региональные экологические шкалы на основе оригинальных шкал Элленберга были разработаны для различных стран: Великобритании (Hill et al., 2000), Грузии (Nakhutsrishvili et al., 2017), Италии (Pignatti, 2005), России (Республика Татарстан: Shagiev et al., 2011), Украины (Didukh, 2011), Фарерских островов (Lawesson et al., 2003), Швеции (Tyler et al., 2021).

По мере формирования международных архивов геоботанических данных (Global Index of Vegetation-Plot Databases – GIVD, European Vegetation Archive – EVA, Arctic Vegetation Archive – AVA и др.) современные зарубежные исследования в значительной мере сфокусировались на корректировке и дополнении индикаторных значений Элленберга на основе больших баз данных описаний растительности для обширных территорий. Например, для

флоры Чехии новые индикаторные значения были присвоены 2000 таксонам на основе порядка 30000 описаний (Chytrý et al., 2018). В 2023 г. были опубликованы сразу две статьи, посвящённые разработке глобальных систем индикаторных значений для видов растений для всей территории Европы. Одна из этих систем (Tichý et al., 2023) разработана на основе 13 баз данных, опубликованных для разных регионов начиная с 1992 г.: Австрии, Великобритании, Венгрии, Германии, Греции, Испании, Италии, Украины, Чехии, Швейцарии, и для двух типов растительности интразональных местообитаний (засолённых местообитаний и болот). В этой работе представлены оценки оптимумов для порядка 9000 видов растений на территории Европы. Стоит отметить, что геоботанические описания, выполненные на территории России, в анализ включены не были, поэтому эти шкалы сложно назвать репрезентативными для районов за пределами Центральной Европы.

В другой статье (Dengler et al., 2023) коллектив авторов провел масштабную работу по объединению 23 экологических шкал (включая шкалы Раменского и Цыганова) в единую систему оценки оптимумов видов сосудистых растений по шкале от 1 до 10 баллов, а также оценки ширины экологических ниш видов по пяти факторам: температура, освещённость, увлажнение, кислотность почв, доступность азота. В качестве одного из главных достоинств предложенной ими системы авторы отмечают большой охват разнообразных исходных экологических шкал, а также интервальный характер предложенной ими шкалы, который предполагает равные промежутки между уровнями (баллами). Поскольку учитываются ареалы видов на большой территории, эти шкалы позволяют оценить особенности экологических ниш видов на континентальном градиенте, однако авторы отмечают, что для оценки экологических характеристик видов в региональном масштабе лучшие результаты покажут экологические шкалы, разработанные специально для соответствующих территорий.

Развитие и применение методов фитосоциологической индикации местообитаний очень важно для территории России, и, особенно, для Арктики. В условиях интенсивного промышленного освоения (строительство многочисленных объектов инфраструктуры, разработка месторождений углеводородов, пастбищная нагрузка) и глобальных изменений климата для арктических территорий необходима развитая система мониторинга состояния местообитаний. Оперативная оценка их условий на основе региональных экологических шкал будет служить важным инструментом для оценки современного состояния и охраны биоразнообразия российской Арктики.

Тем не менее, ведущаяся в разных странах активная работа по адаптации существующих систем фитосоциологической индикации для разных регионов в настоящее время слабо затрагивает современную российскую геоботанику. В целом для территории России был создан ряд региональных экологических шкал, но для тундровой зоны количество подобных работ невелико. В 1980-е годы коллективом сотрудников Всесоюзного НИИ кормов им. В. Р. Вильяма были разработаны региональные экологические шкалы для степной, лесной и тундровой зон Сибири (Metodicheskie... 1974, 1978). Позже они были дополнены расчётами оптимумов для тех таксонов, которые не были указаны в оригинальном издании, но только для территории центральной и южной Сибири (Korolyuk, 2006). Шкалы для тундровой растительности Сибири при этом не пользовались широким успехом. Вторым на сегодняшний день примером разработки региональных экологических шкал для тундровой зоны России остается работа С. С. Холода (Kholod, 2013), посвящённая созданию экологических шкал почвенного увлажнения для сосудистых растений острова Врангеля на основе метода стандартных экологических шкал Л. Г. Раменского. Автор отмечает, что столкнулся с рядом трудностей, связанных с условиями района работ. Из-за высокой гетерогенности местообитаний, характерной для ландшафтов арктических тундр, многие виды имели двувёршинные кривые отклика по фактору почвенного увлажнения, что связано с сильным влиянием прочих факторов среды на растительность. Также, неоднородность микро- и нанорельефа (например, комплексы дренированных бугров и более увлажнённых понижений) приводила к увеличению стандартного отклонения от среднего экологического статуса сообществ (среднего значения баллов всех

видов в сообществах синтаксона). Тем не менее, удалось выделить 5 экологических групп видов, индицирующих различные условия почвенного увлажнения, и определить положение 8 синтаксонов на градиенте выбранного фактора при помощи ординационного анализа. Таким образом, разработка региональных экологических шкал для растительности тундровой зоны возможна, несмотря на ряд трудностей, связанных со специфическими условиями региона. Шкалы Элленберга в России достаточно популярны (см. обзор: Zolotova et al., 2022), однако, они не адаптированы для российской территории и растительности. Наиболее подробная работа, в которой рассмотрены экологические и географические характеристики видов растений Арктики – это сводка Н. А. Секретарёвой «Сосудистые растения Российской Арктики и сопредельных территорий» (Sekretareva, 2004), в основе которой лежит 10-томное издание «Арктическая флора СССР» (Tolmachev, 1960). Сводка включает в себя 1691 вид сосудистых растений тундровой и лесотундровой зон для 29 долготных секторов. В работе приведены экологические характеристики видов – экологические группы по отношению к трём факторам среды: увлажнению (10 групп), трофности субстрата (3 группы), кислотности почв (4 группы), степени заснеженности (2 группы) и степени континентальности (4 группы). Хотя данная работа и не является примером экологических шкал, однако служит хорошей основой для оценки экологических предпочтений видов. Тем не менее, стоит отметить, что сводка охватывает огромную территорию (от Кольского п-ова до Чукотки), крайне гетерогенную во всех отношениях, что затрудняет оценку экологических предпочтений видов в пределах конкретных регионов Арктики.

Несмотря на разные подходы к фитосоциологической индикации местообитаний Российской Арктики, в основу разработки региональных экологических шкал, по-видимому, следует положить совокупность геоботанических описаний, каждое из которых может быть отнесено к определенной синтаксономической единице в традициях флористической классификации. Синтаксоны в системе Ж. Браун-Бланке достаточно хорошо отражают экологические условия местообитаний растительных сообществ. Показано, что хорошие результаты флористическая классификация даёт как при разработке экологических шкал (Kholod, 2013), так и при совместном использовании единиц классификации и шкал (Komarova, Prohorenko, 2001) для диагностики экологических условий местообитаний. В данном случае многое зависит от выбора методологической основы для определения экологических характеристик видов. Разработка новых региональных экологических шкал, не опирающихся ни на один из существующих методов, означает масштабную работу на неопределённый срок, которая может не оправдать приложенных усилий, как это произошло, например, с региональными системами фитоиндикации, разработанными для территории бывшей Чехословакии (Chytrý et al., 2018). Более эффективной представляется адаптация и расширение одной из уже существующих систем фитоиндикации для арктического региона. Для целей фитосоциологической индикации, по нашему мнению, хорошо подходят оптимальные шкалы, которые не предоставляют информации о ширине экологической амплитуды, но дают достаточно точную картину экологических предпочтений отдельных видов, и, как следствие, характеристику условий местообитаний. В литературе представлено достаточно большое количество успешных примеров адаптации шкал Элленберга к конкретным территориям, в том числе территории Швеции – ближайшей по отношению к нашему району работ (Tyler et al., 2021).

В восточноевропейском секторе российской Арктики представлены местообитания с широким спектром экологических условий, растительность которых служит основой существования биоты и кормовой базой для многих видов птиц и животных. В данной работе проведён сравнительный анализ охваченности видов восточноевропейских тундр европейскими оптимальными экологическими шкалами: оригинальных шкалами Элленберга (Центральная Европа) (Ellenberg, Leuschner, 2010) и разработанными на их основе региональными экологическими шкалами для территории Швеции (Tyler et al., 2021). Вместе с тем, рассмотрены региональные особенности изменения охваченности видов сосудистых растений европейскими шкалами для разных районов восточноевропейских тундр при продвижении с запада на восток.

## Материалы и методы

Основой для данной работы послужили 570 геоботанических описаний, выполненных в период с 1997 по 2020 гг. сотрудниками Лаборатории динамики растительного покрова Арктики БИН им. В. Л. Комарова РАН (О. В. Лавриненко, Н. В. Матвеевой, И. А. Лавриненко) на территории восточноевропейских тундр в пределах Ненецкого автономного округа (НАО) в 30 географических пунктах, расположенных в подзонах типичных и южных тундр, и полосе северной лесотундры. Описания выполнены в традиции подхода Ж. Браун-Бланке, в сообществах различных типов местообитаний: от кустарничково-лишайниковых тундр на дренированных террасах до высокотравных ивняков в поймах рек.

Для оценки представленности тундровых видов сосудистых растений в сводках европейских экологических шкал были выбраны шкалы Элленберга (Ellenberg, Leuschner, 2010) и шкалы Тайлера – региональная версия шкал Элленберга, адаптированная для растительности Швеции (Tyler et. al., 2021). Из всех регионов Европы, для которых были разработаны региональные экологические шкалы на основе шкал Элленберга, Швеция наиболее близко расположена к району наших работ. По материалам описаний в анализ включены 260 видов сосудистых растений восточноевропейских тундр без учёта сорных и заносных видов. Для 5 районов этой территории (1 – Малоземельская тундра; 2 – о-в Колгуев; 3 – Большеземельская тундра, подзона типичных тундр; 4 – Большеземельская тундра, подзона южных тундр; 5 – о-в Долгий, о-в Вайгач, Югорский п-ов) мы оценили долю таксонов, имеющих оценку оптимума по шкалам Элленберга и Тайлера по трём факторам: влажность, реакция почвы, богатство почвы.

Рассчитана доля таксонов от общего списка видов для восточноевропейских тундр, у которых имеются оценки оптимума по обоим европейским экологическим шкалам, а также таксонов, имеющих оценку по хотя бы одной из них. Предполагается, что по отношению к флоре восточноевропейского сектора Арктики степень сходства видового списка шкал, разработанных для территории Швеции, будет выше, нежели таковая для оригинальных экологических шкал Элленберга. В работе приведена таблица попарных оценок экологических оптимумов для 143 видов сосудистых растений восточноевропейских тундр, включенных в обе европейские экологические шкалы (табл. 1). В таблице также приведены экологические группы для этих таксонов по факторам увлажнения, богатства и кислотности почвы, указанные в сводке Н. А. Секретарёвой по сосудистым растениям тундровой зоны (Sekretareva, 2004). В таблице приведены оценки оптимума, данные в оригинальных работах, а через слэш – те же оценки, нормализованные к диапазону 1–10 при помощи линейной трансформации. Проведение нормализации позволило сопоставить показатели оценок оптимума, приведённые разными авторами.

## Результаты и обсуждение

Из 260 видов сосудистых растений, учтенных в сообществах восточноевропейских тундр по материалам описаний, 148 видов имеют оценки оптимума по обоим шкалам (и Элленберга, и Тайлера) увлажнения, кислотности и богатства почвы, что составляет 57% видового состава (табл. 1). Многие виды, в том числе характерные виды синтаксонов разного ранга (союзов и классов) не имеют оценок оптимума по рассмотренным европейским шкалам (*Andromeda polifolia* L., *Dryas octopetala* L., *Ledum palustre* L., *Oxycoccus microcarpus* Turcz. ex Rupr., *Salix nummularia* Andersson и др.).

Общее число видов в восточноевропейских тундрах, которые имеют оценку оптимума по шкалам Тайлера, существенно выше, нежели имеющих оценку по шкалам Элленберга, составленным для центральной Европы (рис. 1). При этом их доля от общего числа видов снижается по мере продвижения с запада на восток. Так, в сообществах Малоземельской тундры около 70 % таксонов имеют оценку оптимума по шкалам Тайлера и/или Элленберга, тогда как в фитоценозах самой восточной части региона (Югорский п-ов и арктические острова Долгий и Вайгач) такие виды составляют всего 40 % флористического состава.

## Ecological optimums of plant species in East European tundra according to different authors

Название таксона	Увлажнение			Кислотность почвы (pH)			Богатство почвы		
	Э	Т	С	Э	Т	С	Э	Т	С
<i>Achillea apiculata</i> Orlova ( <i>A. millefolium</i> auct.)	4/3	2/1	МЕ/4		5/4		5/4	5/4	
<i>Adoxa moschatellina</i> L.	6/4	5/3	гиМЕ/5	7/7	6/6		8/8	8/8	
<i>Agrostis mertensii</i> Trin. s. str.		6/4	МЕ/4		4/3			4/3	
<i>Alchemilla murbeckiana</i> Bus. (incl. <i>A. kolaënsis</i> Juz.)		5/3	гиМЕ/5		7/7			5/4	
<i>Allium schoenoprasum</i> L.		4/3	МЕ/4	7/7	7/7		2/1	4/3	
<i>Alopecurus pratensis</i> L. subsp. <i>alpestris</i> (Wahlenb.) Seland.	6/4	7/5	гиМЕ/5	6/6	5/4		7/7	7/7	
<i>Angelica archangelica</i> L. (= <i>Archangelica officinalis</i> Hoffm.; incl. <i>Angelica litoralis</i> Fries)	9/7	6/4	МЕ/4		6/6		9/9	8/8	
<i>Antennaria dioica</i> (L.) Gaertn.	4/3	3/2	кСМЕ/3	3/2	6/6		2/1	1/1	
<i>Anthriscus sylvestris</i> (L.) Hoffm. s. str.	5/3	5/3	МЕ/4		6/6		8/8	7/7	
<i>Arabis alpina</i> L.	5/3	6/4	МЕ/4	9/9	5/4		3/2	4/3	
<i>Arctophila fulva</i> (Trin.) Anderss.		7/5	ГИГ/9		7/7			6/6	
<i>Arctous alpina</i> (L.) Niedenzu		3/2	кСМЕ/3		4/3	ац/2	2/1	мез/5	
<i>Armeria maritima</i> (Mill.) Willd. s. l. (incl. <i>A. scabra</i> Pall. ex Schult., <i>A. labradorica</i> Wallr.)	6/4	2/1	кСМЕ/3	5/4	6/6		4/3	3/2	
<i>Avenella flexuosa</i> (L.) Drej		4/3	кСМЕ/3	2/1	3/2		3/2	5/4	
<i>Bartsia alpina</i> L.	8/6	7/5	МЕ/4	7/7	7/7	гкц/9	3/2	4/3	эвт/9
<i>Betula nana</i> L. s. str. (incl. <i>B. tundrae</i> Perf.)	9/7	7/5	ЭВ	1/1	3/2	ац/2	2/1	2/1	олг/1
<i>Bistorta vivipara</i> (L.) S. F. Gray (= <i>Polygonum viviparum</i> L.)		5/3	ЭВ		5/4			2/1	
<i>Calamagrostis lapponica</i> O. Lang		3/2	меГИ/6		4/3			3/2	
<i>Calamagrostis neglecta</i> (Ehrh.) Gaertn., Mey. et Scherb. s. str.		9/8	меГИ/6		5/4			3/2	
<i>Campanula rotundifolia</i> L. s. l. (incl. <i>C. langsdorffiana</i> Fisch. ex Trautv. et C. A. Mey., <i>C. groenlandica</i> Berl.)		3/2	кСМЕ/3		5/4		2/1	4/3	
<i>Cardamine bellidifolia</i> L.		6/4	ЭВ		5/4			3/2	
<i>Cardamine pratensis</i> L. subsp. <i>angustifolia</i> (Hook.) O. E. Schulz	6/4	5/3	меГИ/6		6/6			5/4	
<i>Carex arvensis</i> L. s. l.	4/3	2/1	меКС/2	6/6	6/6		4/3	5/4	
<i>Carex bigelowii</i> Torr. ex Schwein. s. str.	5/3		МЕ/4	1/1			3/2		
<i>Carex brumescens</i> (Pers.) Poir.		5/3	кСМЕ/3		4/3			5/4	олг/1
<i>Carex cespitosa</i> L.	9/7	9/7	меГИ/6	6/6	7/7		4/3	4/3	
<i>Carex chordorrhiza</i> Ehrh.	9/7	8/6	ГИГ/9	4/3	4/3		3/2	2/1	
<i>Carex glacialis</i> Mackenz.		3/2	меКС/2		8/8	гкц/9		2/1	
<i>Carex lachenalii</i> Schkuhr ( <i>Carex tripartita</i> auct.)		6/4	гиМЕ/5		5/4				
<i>Carex limosa</i> L.	9/7	8/6	ГИГ/9	2/1	3/2		2/1	2/1	
<i>Carex mackenziei</i> V. Krecz.		6/4	ГИГ/9		7/7				
<i>Carex rariflora</i> (Wahlenb.) Smith		9/7	ГИГ/9		6/6				
<i>Carex rostrata</i> Stokes	1/1	9/7	ГИГ/9	3/2	4/3		3/2	3/2	
<i>Carex rotundata</i> Wahlenb.		8/6	меГИ/6		3/2			3/2	олг/2
<i>Carex saxatilis</i> L. subsp. <i>laxa</i> (Trautv.) Kalela		6/4	ГИГ/9		7/7				
<i>Caltha palustris</i> L. s. str.	9/7	9/7	ГИГ/9		5/4		6/6	7/7	
<i>Chamaedaphne calyculata</i> (L.) Moench	8/6	7/5	меГИ/6	3/2	3/2	ац/1	2/1	2/1	олг/2
<i>Chamaenerion angustifolium</i> (L.) Scop.		4/3	МЕ/4		3/2	ац/1		7/7	
<i>Chrysosplenium alternifolium</i> L. s. str.	8/6	7/5	гиМЕ/5	7/7	5/4		5/4	6/6	
<i>Coeloglossum viride</i> (L.) C. Hartm.	4/3	5/3	МЕ/4	4/3	6/6		2/1	3/2	
<i>Comarum palustre</i> L.		10/8	ГИГ/9		4/3			4/3	
<i>Comastoma tenellum</i> (Rottb.) Toyokuni		4/3	ЭВ		8/8			2/1	
<i>Corallorrhiza trifida</i> Chatel.	5/3	6/4	меГИ/6	3/2	4/3			4/3	
<i>Cortusa matthiolii</i> L. s. str.	6/4		гиМЕ/5		6/6		7/7		
<i>Crepis sibirica</i> L.			гиМЕ/5						
<i>Dianthus superbus</i> L.	8/6	3/2	МЕ/4	8/8	7/7		2/1	3/2	
<i>Diapensia lapponica</i> L.		3/2	ЭВ		5/4	ац/1		2/1	
<i>Draba alpina</i> L.		5/3	МЕ/4		8/8			2/1	
<i>Draba fladnizensis</i> Wulf.	5/3	4/3	МЕ/4	6/6	8/8		2/1	2/1	
<i>Empetrum hermaphroditum</i> Hagerup	6/4		МЕ/4	4/3			2/1		

Название таксона	Увлажнение			Кислотность почвы (рН)			Богатство почвы		
	Э	Т	С	Э	Т	С	Э	Т	С
<i>Epilobium davuricum</i> Fisch. ex Hornem. (incl. <i>E. arcticum</i> Sam.)		8/6	гиМЕ/5		8/8	гкц/9		4/3	эвт/9
<i>Epilobium palustre</i> L.	9/7	8/6	меГИ/6	3/2	5/4		2/1	3/2	мез/5
<i>Equisetum arvense</i> L. s. str.		4/3	МЕ/4		6/6		3/2	5/4	
<i>Equisetum fluviatile</i> L.	9/8	9/7	ГИГ/9		4/3		5/4	5/4	
<i>Equisetum palustre</i> L.	8/6	7/5	меГИ/6		6/6	гкц/9	3/2	4/3	эвт/9
<i>Equisetum pratense</i> Ehrh.	6/4	6/4	МЕ/4	7/7	6/6		2/1	5/4	
<i>Equisetum scirpoides</i> Michx.		6/4	МЕ/4		7/7			4/3	эвт/9
<i>Equisetum sylvaticum</i> L.	7/5	5/3	МЕ/4	5/4	2/1		4/3	3/2	
<i>Eriophorum brachyantherum</i> Trautv. et C. A. Mey.		8/6	меГИ/6		6/6		3/2	мез/5	
<i>Eriophorum polystachion</i> L. s. str.	9/7		ГИГ/9	4/3			2/1		
<i>Eriophorum russeolum</i> Fries s. str.		9/7	ГИГ/9		4/3			2/1	
<i>Eriophorum scheuchzeri</i> Hoppe subsp. <i>arcticum</i> Novosselova	9/7	7/5	ГИГ/9	4/3	5/4		2/1	5/4	
<i>Eriophorum vaginatum</i> L.	9/7	7/5	меГИ/6	2/1	1/1	гац/3	1/1	1/1	олг/1
<i>Erysimum cheiranthoides</i> L.	5/3	4/3	кСМЕ/3	7/7	4/3		7/7	7/7	
<i>Euphrasia frigida</i> Pugsl.	5/3		МЕ/4	3/2			2/1		
<i>Festuca ovina</i> L.		2/1	кСМЕ/3	3/2	5/4	гац/3	1/1	3/2	олг/1
<i>Festuca rubra</i> L. s. str.	6/4	5/3	МЕ/4	6/6	5/4			4/3	
<i>Filipendula ulmaria</i> (L.) Maxim.	8/6	8/6	гиМЕ/5		5/4		5/4	8/8	
<i>Galium boreale</i> L.	6/4	5/3	МЕ/4	8/8	7/7	гац/3	2/1	4/3	
<i>Galium trifidum</i> L. s. str.		8/6	меГИ/6		6/6			6/6	
<i>Galium uliginosum</i> L.	8/6	7/5	меГИ/6		5/4		2/1	3/2	
<i>Geranium sylvaticum</i> L.	6/4	5/3	МЕ/4	6/6	5/4		7/7	5/4	
<i>Geum rivale</i> L.	8/6	6/4	гиМЕ/5		6/6		4/3	6/6	эвт/9
<i>Hierochloë alpina</i> (Sw.) Roem. et Schult.		5/3	меКС/2		5/4	гац/3			
<i>Hippuris x lanceolata</i> Retz.		9/7	ГИГ/9		7/7			5/4	
<i>Juncus biglumis</i> L.		7/5	гиМЕ/5		7/7				
<i>Juncus castaneus</i> Smith		8/6	гиМЕ/5		8/8				
<i>Juncus trifidus</i> L.	4/3	4/3	кСМЕ/3	4/3	3/2	ац/1	2/1	2/1	
<i>Juncus triglumis</i> L. s. str.	9/7	8/6	гиМЕ/5	6/6	8/8	гкц/9	2/1		
<i>Lamium album</i> L.	5/3	5/3	МЕ/4		6/6		9/9	8/8	
<i>Linnaea borealis</i> L. s. str.	5/3	4/3	МЕ/4	2/1	5/4		2/1	2/1	
<i>Loiseleuria procumbens</i> (L.) Desv.	5/3		ЭВ	3/2		ац/1	1/1		
<i>Luzula confusa</i> Lindb.		4/3	меКС/2		4/3	гац/3		3/2	
<i>Luzula wahlenbergii</i> Rupr.		7/5	меГИ/6		4/3			3/2	олг/1
<i>Menyanthes trifoliata</i> L.	9/7	9/7	ГИГ/9		5/4		3/2	4/3	эвт/9
<i>Minuartia stricta</i> (Sw.) Hiern	9/7		меГИ/6	2/1		ац/1	1/1		эвт/9
<i>Montia fontana</i> L. (= <i>M. lamprosperma</i> Cham.)		6/4	меГИ/6		4/3			5/4	
<i>Myosotis palustris</i> (L.) L.	8/6		меГИ/6				5/4		
<i>Parnassia palustris</i> L. s. str.	8/6	8/6	гиМЕ/5	7/7	7/7		2/1	1/1	
<i>Pedicularis hirsuta</i> L.		6/4	меГИ/6		8/8			2/1	мез/5
<i>Pedicularis lapponica</i> L.		5/3	меГИ/6		4/3	ац/1		2/1	олг/1
<i>Pedicularis oederi</i> Vahl	5/3	7/5	меГИ/6	9/9	7/7	гкц/9	2/1	2/1	эвт/9
<i>Pedicularis verticillata</i> L.			гиМЕ/5	8/8			2/1		
<i>Petasites frigidus</i> (L.) Fries [= <i>Nardosmia frigida</i> (L.) Hook.]		6/4	гиМЕ/5		6/6			6/6	
<i>Phleum alpinum</i> L.		3/2	МЕ/4		5/4			6/6	
<i>Pinguicula alpina</i> L.		7/5	меГИ/6	8/8	8/8	гкц/9	2/1	1/1	мез/5
<i>Pinguicula villosa</i> L.		7/5	меГИ/6		4/3	гац/3		1/1	олг/1
<i>Pinguicula vulgaris</i> L.	8/6	8/6	меГИ/6	7/7	6/6	гкц/9	2/1	1/1	мез/5
<i>Poa palustris</i> L.	9/7	8/6	гиМЕ/5	8/8	5/4		7/7	6/6	эвт/9
<i>Poa pratensis</i> L. s. str.	5/3	4/3	МЕ/4		5/4		6/6	5/4	
<i>Polemonium acutiflorum</i> Willd. ex Roem. et Schult.		6/4	гиМЕ/5		5/4			5/4	
<i>Potentilla crantzii</i> (Crantz) G. Beck ex Fritsch	5/3	4/3	МЕ/4	8/8	6/6		2/1	3/2	
<i>Primula farinosa</i> L.	8/6	7/5	гиМЕ/5	9/9	7/7		2/1	1/1	
<i>Pyrola minor</i> L.	5/3	6/4	МЕ/4	3/2	3/2	ац/1	2/1	2/1	мез/5
<i>Ranunculus hyperboreus</i> Rottb. s. str.		8/6	меГИ/6		5/4			6/6	
<i>Ranunculus repens</i> L.	7/5	7/5	гиМЕ/5		5/4		7/7	7/7	
<i>Rhodiola rosea</i> L.	6/4	6/4	МЕ/4	4/3	5/4			3/2	

Название таксона	Увлажнение			Кислотность почвы (pH)			Богатство почвы		
	Э	Т	С	Э	Т	С	Э	Т	С
	<i>Rorippa palustris</i> (L.) Bess.		7/5	меГИ/6		5/4			6/6
<i>Rubus arcticus</i> L.		5/3	МЕ/4		3/2	гац/3		3/2	
<i>Rubus chamaemorus</i> L.	8/6	6/4	меГИ/6	2/1	1/1	ац/1	1/1	2/1	олг/1
<i>Salix arbuscula</i> L.		8/6	МЕ/4		8/8	кц/7			эвт/9
<i>Salix glauca</i> L. s. str.		6/4	ЭВ		5/4			6/6	
<i>Salix hastata</i> L.	6/4	7/5	МЕ/4	7/7	7/7	гкц/9	4/3	5/4	
<i>Salix herbacea</i> L.	7/5	7/5	гиМЕ/5	3/2	5/4	ац/1	4/3		
<i>Salix lanata</i> L. s. str.		7/5	МЕ/4		7/7	гкц/9		4/3	эвт/9
<i>Salix lapponum</i> L.		9/7	меГИ/6		4/3			5/4	эвт/9
<i>Salix myrsinites</i> L.		7/5	меГИ/6		7/7	гкц/9			эвт/9
<i>Salix phylicifolia</i> L.		9/7	ЭВ		4/3	гац/3		4/3	
<i>Salix polaris</i> Wahlenb.		9/7	гиМЕ/5		7/7			2/1	эвт/9
<i>Salix reticulata</i> L.	6/4	6/4	ЭВ	9/9	7/7	гкц/9	3/2	2/1	эвт/9
<i>Salix viminalis</i> L.	8/6	7/5	МЕ/4	7/7	7/7			7/7	
<i>Saussurea alpina</i> (L.) DC.	5/3	6/4	гиМЕ/5	5/4	6/6			3/2	5/4
<i>Saxifraga aizoides</i> L.	9/7	7/5	гиМЕ/5	8/8	7/7	гкц/9	3/2		
<i>Saxifraga cernua</i> L.		9/7	ЭВ		7/7				
<i>Saxifraga cespitosa</i> L.		2/1	ЭВ		7/7	гкц/9			
<i>Saxifraga hirculus</i> L. s. l.	9/7	9/7	меГИ/6	4/3	8/8			2/1	2/1
<i>Saxifraga oppositifolia</i> L. s. str.	5/3	4/3	ЭВ	8/8	7/7	кц/7	2/1	1/1	эвт/9
<i>Silene acaulis</i> (L.) Jacq.	4/3	4/3	ЭВ	8/8	7/7	гкц/9	1/1		эвт/9
<i>Stellaria crassifolia</i> Ehrh.	9/7	8/6	меГИ/6		7/7			3/2	6/6
<i>Stellaria palustris</i> Retz.	9/7	7/5	меГИ/6	4/3	5/4			2/1	5/4
<i>Thalictrum alpinum</i> L.		6/4	ЭВ		7/7	гкц/9		3/2	эвт/9
<i>Tofieldia pusilla</i> (Michx.) Pers.	8/6	7/5	меГИ/6	7/7	7/7			1/1	3/2
<i>Trientalis europaea</i> L. s. l.			МЕ/4	3/2				2/1	
<i>Trisetum europaeus</i> L.	7/5	6/4	гиМЕ/5	6/6	6/6			5/4	7/7
<i>Trisetum spicatum</i> (L.) K. Rich	5/3	6/4	ЭВ	7/7	7/7			1/1	
<i>Vaccinium myrtillus</i> L.		5/3	МЕ/4	2/1	2/1			3/2	2/1
<i>Vaccinium uliginosum</i> L. subsp. <i>microphyllum</i> Lange	5/3		ЭВ	3/2				2/1	1/1
<i>Veronica alpina</i> L. s. str.	6/4	6/4	гиМЕ/5		5/4			3/2	
<i>Veronica longifolia</i> L.	8/6	5/3	гиМЕ/5	7/7	6/6			6/6	7/7
<i>Vicia cracca</i> L.	6/4	5/3	МЕ/4		6/6				3/2
<i>Vicia sepium</i> L.	5/3	4/3	МЕ/4	6/6	6/6			5/4	4/3
<i>Viola biflora</i> L. s. str.	3/2	7/5	гиМЕ/5	3/2	5/4			3/2	5/4
<i>Viola epipsila</i> Ledeb.	5/3	7/5	меГИ/6	5/4	6/6			5/4	4/3

Примечание. Э – оценка оптимума вида, приведённая в: Ellenberg, Leuschner, 2010; Т – оценка оптимума вида, приведённая в: Tyler, et al. 2021; С – экологические группы видов по: Секретарева, 2004. Названия таксонов в таблице приведены по: Секретарева, 2004.

Различие в представленности видов, имеющих балльные оценки европейских экологических шкал, для разных районов восточноевропейских тундр объясняется возрастанием по мере продвижения на восток числа видов, отсутствующих в центральной Европе и Швеции. Территория восточноевропейских тундр относится к Канино-Печорской флористической подпровинции (Yurtsev, 1978), и в её восточных районах, граничащих с Урало-Новоземельской подпровинцией, многочисленны виды с сибирскими ареалами.

Экологические шкалы Тайлера и Элленберга по своему содержанию в целом совпадают друг с другом: большинство видов по одним и тем же факторам имеют либо одинаковые баллы, либо различаются на одну ступень. Значительные расхождения в оценках оптимума (разница в 2 балла и более) по одним и тем же факторам отмечена для 39 видов из 148. Из трёх рассмотренных факторов наибольшее сходство оценок в шкалах Элленберга и Тайлера по фактору увлажнения: значительно различаются оптимумы только у 10 видов (*Angelica archangelica* L., *Armeria maritima* (Mill.) Willd., *Equisetum sylvaticum* L., *Geum rivale* L., *Rubus chamaemorus* L., *Stellaria palustris* Retz. и др.). В данном случае оценки оптимума увлажнения по шкале Элленберга выше, нежели по шкале Тайлера (8 видов и 2, соответственно).

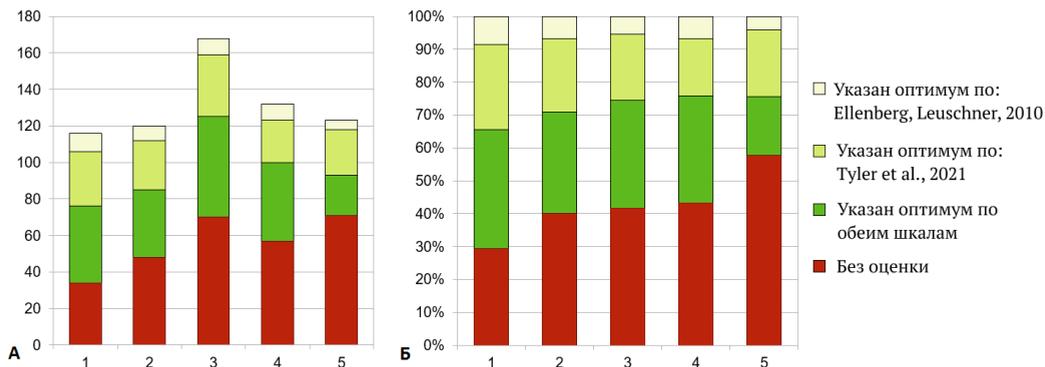


Рис 1. А – количество видов сосудистых растений в разных районах восточноевропейских тундр, имеющих оценку оптимума по европейским экологическим шкалам; Б – доля видов, имеющих оценку по европейским экологическим шкалам от общего числа видов сосудистых растений. Цифрами обозначены районы: 1 – Малоземельская тундра; 2 – о-в Колгуев; 3 – Большеземельская тундра (подзона типичных тундр); 4 – Большеземельская тундра (северная лесотундра); 5 – о-в Долгий, о-в Вайгач, Югорский п-ов.

Fig. 1. А – the number of species of vascular plants in different areas of the Eastern European tundras which have an optimum assessment according to Ellenberg and Tyler ecological scales; Б – the proportion of species that have an assessment according to Ellenberg and Tyler ecological scales, from the total number of species of vascular plants. The numbers indicate the areas: 1 – Malozemelskaya tundra; 2 – Kolguev Island; 3 – Bolshezemelskaya tundra (typical tundra subzone); 4 – Bolshezemelskaya tundra (southern tundra subzone); 5 – Dolgiy Island, Vaygach Island, Yugorsky Peninsula.

По шкале богатства почвы ситуация обратная: из 13 видов, которые имеют разные оптимумы по шкалам богатства Элленберга и Тайлера, 12 видов обозначены в шкалах Тайлера как более требовательные к богатству почвы, нежели в шкалах Элленберга (например, *Eriophorum scheuchzeri* Ноппе subsp. *arcticum* Novosselova, *Equisetum pratense* Ehrh.), то есть мы можем предполагать, что на территории Европы эти виды занимают более бедные местообитания, тогда как в северных регионах, с учётом общего снижения богатства почв по сравнению с Центральной Европой, виды либо действительно более требовательны к богатству почвы, либо представляются исследователям таковыми.

По кислотности почвы виды с разными оптимумами делятся на 2 категории. Одни и те же таксоны, которые в Центральной Европе занимают местообитания с кислой реакцией почвенной среды (и, соответственно, обозначены в шкалах Элленберга как ацидофильные), в северной Европе чаще встречаются в местообитаниях с более основными субстратами (*Antennaria dioica* (L.) Gaertn., *Saxifraga hirculus* L. и др.). Наоборот, ряд видов, обозначенных в шкалах Элленберга как кальцефильные, в северной Европе явно произрастают на более кислых субстратах (*Arabis alpina* L., *Pedicularis oederi* M. Vahl и др.).

Выделяется небольшая группа видов, чьи оптимумы по шкалам Тайлера совпадают в северной части их ареалов (Швеция, российская Арктика) и различаются по шкалам Элленберга в центральноевропейской части их ареалов. Большинство из этих видов на севере занимают местообитания с менее увлажнёнными почвами (*Armeria maritima*, *Dianthus superbus* L., *Rubus chamaemorus*, *Geum rivale* и др.), реже – наоборот, более сырые (*Viola biflora* L.).

При этом, как уже было сказано, сводка экологических характеристик растений Н. А. Секретарёвой охватывает огромную и крайне гетерогенную по экологическим условиям территорию, что предопределяет особенности оптимумов видов на территории российской Арктики. Около 27 видов растений с равными или близкими оценками оптимума по обоим европейским шкалам имеют оценки, отличные от таковых по сводке Н. А. Секретарёвой (чаще всего только по одному из трёх факторов). Такие таксоны, по мнению этого автора, в российской Арктике занимают более дренированные местообитания, чем на территории Европы (*Parnassia palustris* L., *Poa palustris* L., *Salix viminalis* L.

и др.). Виды, которые в Европе характеризуются как кальцефильные (баллы 7–9 по шкале Элленберга), в российской Арктике оценены как гемикальцефильные и гемиацидофильные (*Pinguicula alpina* L., *Galium boreale* L.). Из 20 таксонов, имеющих оценку оптимума по богатству почвы у всех трёх авторов, 14 демонстрируют значимые различия в экологических характеристиках видов по данному фактору на протяжении их ареала: виды, занимающие в Европе местообитания с бедными почвами, и имеющие оценку оптимума в диапазоне 1–3 балла, отмечены в сводке Н. А. Секретарёвой как мезо- или даже эвтрофные *Menyanthes trifoliata* L., *Pedicularis oederi*, *Tofieldia pusilla* (Michx.) Pers. и др.).

Как правило, в оптимумных шкалах Элленберга и шкалах, созданных на их основе, виды с широкой экологической амплитудой по тому или иному фактору вместо конкретного балла получают отдельное обозначение («х») (такой подход использовал Г. Элленберг с соавторами), либо – усреднённый балл с учётом всех занимаемых ими местообитаний (этот метод использован в работе Tyler et al., 2021). Анализ европейских экологических шкал совместно с экологическими группами по Н. А. Секретарёвой позволил выделить небольшую группу подобных видов с широкой экологической амплитудой по шкале увлажнения: *Silene acaulis* (L.) Jacq., *Salix reticulata* L., *Saxifraga oppositifolia* L., *Trisetum spicatum* (L.) K. Richt.

Некоторая часть таксонов имеет одинаковые оптимумы у всех трёх авторов, однако чаще всего совпадения прослеживаются только по одному фактору из трёх рассмотренных, реже – по двум. Виды этой категории можно считать опорными таксонами для оценки экологических характеристик прочих тундровых видов при разработке региональных экологических шкал для восточноевропейской Арктики. По фактору увлажнения одинаковые оптимумы по шкалам Элленберга и Тайлера, и сводке Н. А. Секретарёвой имеют 20 видов, богатству почвы – 10, кислотности почвы – 6 видов. Большая часть оптимумов совпадает у мезофильных видов (баллы 6–7), а оптимумы, приходящиеся на краевые части шкалы увлажнения (баллы 1–3 или 7–9) совпадают реже. Обратная ситуация наблюдается с видами, у которых совпадают оценки оптимумов по шкале кислотности почвы: за исключением эвтрофного злака *Poa palustris*, оценки всех трёх авторов совпали только для олиготрофных видов (*Eriophorum vaginatum* L., *Rubus chamaemorus*, и др.).

### Заключение

Экологические шкалы – это важный инструмент для оценки экологического статуса сообществ и, соответственно, интегральный показатель комплекса экологических условий их местообитаний. С учётом высокой антропогенной нагрузки, которую испытывают экосистемы российской Арктики, эта территория с одной стороны, требует пристального внимания со стороны государства, а с другой стороны, представляет собой обширный и труднодоступный регион, для которого организация регулярного экологического мониторинга – достаточно сложная задача. Региональные экологические шкалы для сосудистых растений тундровой зоны позволят проводить оперативную оценку состояния растительности и местообитаний без необходимости полагаться только на полевое оборудование и дорогостоящие лабораторные анализы.

Существующие на сегодняшний день экологические шкалы разработаны для конкретных территорий и имеют ряд ограничений по применению за пределами модельных регионов, особенно в условиях Арктики. Из существующих экологических шкал наиболее подходящими можно считать региональные шкалы Тайлера, разработанные для территории Швеции, поскольку модельный регион для этих шкал географически наиболее близок к европейскому сектору российской Арктики. Шведские экологические шкалы охватывают большее количество таксонов по сравнению с центральноевропейскими шкалами Элленберга, на основе которых были разработаны. Тем не менее, общее число видов, которые распространены на обеих территориях (Швеция и восточноевропейские тундры) и учтены в экологических шкалах Тайлера, слишком мало (57 %) для расчёта на их основе достоверных средних экологических статусов сообществ восточноевропейских тундр. Причём, если на западе этого региона (Малозе-

мельская тундра) около 70 % таксонов имеют оценку оптимума по европейским шкалам, то в фитоценозах самой восточной части региона (Югорский п-ов и арктические острова Долгий и Вайгач) такие виды составляют всего 40 % флористического состава.

Лишь небольшая группа видов на протяжении своего ареала имеет одинаковые балльные оценки по шкалам разных авторов. Полагаем, что эти виды следует использовать в качестве опорных таксонов, на основе которых можно будет оценивать экологические предпочтения других видов растительных сообществ по тем или иным факторам.

Для территории восточноевропейских тундр в настоящее время необходимо разработка региональных экологических шкал, охватывающих максимально возможное число видов сосудистых растений, зарегистрированных в геоботанических описаниях для широкого спектра местообитаний региона. Поскольку российская Арктика по всем параметрам достаточно неоднородна, экологические шкалы планируется разработать на примере хорошо изученной к настоящему времени территории восточноевропейских тундр.

*Автор выражает искреннюю признательность сотрудникам Ботанического института им. В. Л. Комарова РАН к. б. н. О. В. Лавриненко и д. б. н. Н. В. Матвеевой, которые любезно согласились предоставить свои полевые материалы для анализа, проведённого в данной работе, а также к. б. н. И. А. Лавриненко за ценные замечания и помощь в подготовке данной работы.*

### Список литературы

- Bauer M., Albrecht H. 2020. Vegetation monitoring in a 100-year-old calcareous grassland reserve in Germany // Basic and Appl. Ecology. V. 42. P. 15–26.
- Cajander A. K. 1909. Über Waldtypen // Acta Forest. Fennica. V. 28. № 2. 175 p.
- Chytrý M., Tichý L., Dřevojan P., Šádlo J., Zelený D. 2018. Ellenberg-type indicator values for the Czech flora // Preslia. V. 90. № 2. P. 83–103.
- Didukh Ya. P. 2011. The ecological scales for the species of Ukrainian flora and their use in synphytoindication. Kyiv: Phytosociocentre. 176 p.
- Diekmann M. 1995. Use and improvement of Ellenberg's indicator values in deciduous forests of the Boreo-nemoral zone in Sweden // Ecography. V. 18. № 2. P. 178–189.
- Diekmann M. 2003. Species indicator values as an important tool in applied plant ecology – a review // Basic and Appl. Ecology. V. 4. № 6. P. 493–506.
- Dítě D., Šuvada R., Tóth T., Dítě Z. 2023. Inventory of halophytes in inland Central Europe // Preslia. V. 95. P. 215–240.
- [Егорова, Сулейманова] Егорова Н. Ю., Сулейманова В. Н. 2023. Эколого-ценотическая и ресурсная характеристика местообитаний *Filipendula ulmaria* (L.) Maxim. (*Rosaceae*) в Кировской области // Вестник Северо-Восточного федерального ун-та им. М. К. Аммосова. № 1 (91). С. 5–15.
- Ellenberg H. 1974. Zeigerwerte der Gefäßpflanzen Mitteleuropas // Scripta Geobotanica. V. 9. 97 p.
- Felde V. A., Birks H. H. 2019. Using species attributes to characterize late-glacial and early-Holocene environments at Kråkenes, western Norway // Journ. of Veg. Sci. V. 30. № 6. P. 1228–1238.
- Gleason H. A. 1917. The Structure and Development of the Plant Association // Bul. of the Torrey Botanical Club. V. 44. № 10. P. 463–481.
- Hawkes, J. C., Pyatt, D. G., White, I. M. S. 1997. Using Ellenberg indicator values to assess soil quality in British forests from ground vegetation: a pilot study // Basic and Appl. Ecology. V. 34. P. 375–387.
- Hedwall P. O., Brunet J., Diekmann M. 2019. With Ellenberg indicator values towards the north: Does the indicative power decrease with distance from Central Europe? // Journ. of Biogeography. V. 46. № 5. P. 1041–1053.
- Hill M. O., Roy D. B., Mountford J. O., Bunce R. G. H. 2000. Extending Ellenberg's indicator values to a new area: an algorithmic approach // Basic and Appl. Ecology. V. 37. № 1. P. 3–15.
- Hundt R. 1966. Ökologisch-geobotanische Untersuchungen an Pflanzen der mitteleuropäischen Wiesenvegetation. 176 p.
- Hersen J. 1936. Biologische Pflanzentypen als Hilfsmittel in der Vegetationsforschung. Ein Beitrag zur ökologischer Charakterisierung und Anordnung der Pflanzengesellschaften. Doct. Dis. University of Copenhagen. Levin & Munksgaard, København. 224 p.
- [Kashkarova] Каушарова В. П. 1972. Опыт оценки светолюбия видов травянистого покрова с помощью методики Л. Г. Раменского // Бюл. МОИП. Отд. биол. Т. 77. № 3. С. 100–114.
- [Keller] Келлер Б. А. 1914. По долинам и горам Алтая: ботанико-географические исследования. Т. 1. XVI. Казань. 446 с.
- [Kholod] Холод С. С. 2013. Растительность острова Врангеля на градиенте увлажнения // Бот. журн. Т. 98. № 7. С. 828–847.
- [Komarova et al.] Комарова А. Ф., Бородулина В. П., Зудкин А. Г., Чередниченко О. В. 2021. Картографирование и анализ пространственного распределения растительных сообществ лугов охранной зоны Полистовского заповедника // Russian Journ. of Ecosystem Ecology. № 3. С. 1–66.

- [Komarova, Prohorenko] Комарова Т. А., Прохоренко Н. Б. 2001. Региональные экологические шкалы и использование их при классификации лесов полуострова Муравьев-Амурский // Бот. журн. Т. 86. № 7. С. 101–114.
- [Korzhagin] Корчагин А. А. 1971. Использование растительных сообществ как индикаторов среды. В кн.: Геогенетические вопросы фитоиндикации. Отв. ред. Корчагин А. А. Л.: Наука. С. 7–15.
- [Kogolyuk] Королюк А. Ю. 2006. Экологические оптимумы растений юга Сибири // Ботанические исследования Сибири и Казахстана. № 12. С. 3–28.
- [Kogolyuk] Королюк А. Ю. 2007. Использование экологических шкал в геоботанических исследованиях // Актуальные проблемы геоботаники. III Всерос. школа-конф. Лекции. Петрозаводск: КарНЦ РАН. С. 176–197.
- Landolt E., Bäumler B., Erhardt A., Hegg O., Klötzli F., Lämmler W., Nobis M., Rudmann-Maurer K., Schweingruber F. H., Theurillat J.-P., Urmi E., Vust M., Wohlgenuth T. 2010. Flora indicativa. Ökologische Zeiterwerte und biologische Kennzeichen zur Flora der Schweiz und der Alpen. 2<sup>nd</sup> ed. Bern. 378 p.
- [Lavrinenko] Лавриненко И. А. 2020 а. Подходы европейских экологов к типологии и картографированию местообитаний // Геоботаническое картографирование. С. 51–77.
- [Lavrinenko] Лавриненко И. А. 2020 б. Типология и синтаксономический состав территориальных единиц растительности: новый подход на примере изучения арктических маршей // Растительность России. № 39. С. 100–148.
- Lawesson, J. E., Fosaa, A. M., Olsen, E. 2003. Calibration of Ellenberg indicator values for the Faroe Islands // Appl. Veg. Sci. V. 6. P. 53–62.
- [Metodicheskie...] Методические указания по экологической оценке кормовых угодий лесостепной и степной зон Сибири по растительному покрову. М. 246 с.
- [Metodicheskie...] Методические указания по экологической оценке кормовых угодий тундровой и лесной зон Сибири и Дальнего Востока по растительному покрову. 1978. М. 302 с.
- Midolo G., Herben T., Axmanová I., Marceň C., Pátsch R. et al. 2023. Disturbance indicator values for European plants // Global Ecology and Biogeography. V. 32. № 1. P. 24–34.
- [Mirin, Tihodeeva] Мирин Д. М., Тиходеева М. Ю. 2020. Изменения растительности дубравы «Лес на Ворскле» заповедника Белогорье за 60 лет // Бот. журн. Т. 105. № 7. С. 672–686.
- Nakhutsrishvili G. Batsatsashvili, K., Rudmann-Maurer, K., Körner, C., Spehn, E. 2017. New indicator values for Central Caucasus flora // Plant Diversity in the Central Great Caucasus: A Quantitative Assessment. P. 145–160.
- [Nitsenko] Ниценко А. А. 1957. Экологическая оценка кормовых угодий по растительному покрову / А. А. Ниценко, Л. Г. Раменский, И. А. Цаценкин [и др.] // Бот. журн. Т. 42. № 7. С. 1110–1114.
- Odland A. 2009. Interpretation of altitudinal gradients in South Central Norway based on vascular plants as environmental indicators // Ecological Indicators V. 9. № 3. P. 409–421.
- [Ramenskii] Раменский Л. Г. 1924. Основные закономерности растительного покрова и методы их изучения. Вестник опытного дела Средне-Черноземной области. Воронеж: Областная редакция издательского комитета Народного комиссариата земледелия. С. 37–73. Цит по: Избранные работы. Проблемы и методы изучения растительного покрова. 1971. Л.: Наука. С. 5–33.
- [Ramenskii et al.] Раменский Л. Г., Цаценкин И. А., Чижиков О. Н., Антипин Н. А. 1956. Экологическая оценка кормовых угодий по растительному покрову. М.: Сельхозгиз. 472 с.
- Reinecke J., Wulf M., Baeten L., Brunet J., Decocq G., De Frenne P., Diekmann M., Graae B.J., Heinken T., Hermy M., Jatonneau A., Lenoir J., Plue J., Orczewska A., Van Calster H., Verheyen K., Naaf T. 2016. Acido- and neutrophilic temperate forest plants display distinct shifts in ecological pH niche across north-western Europe // Ecography. V. 39. P. 1164–1175.
- [Sekretareva] Секретарева Н. А. 2004. Сосудистые растения Российской Арктики и сопредельных территорий. М. 131 с.
- [Sokol] Сокол А. П. 1980. Экологические шкалы болотных растений. В кн.: Взаимосвязи компонентов лесных и болотных экосистем средней тайги Приуралья. Л.: Наука. 256 с.
- [Sorokina] Сорокина В. А. 1953. Опыт применения методов Л. Г. Раменского // Бот. журн. Т. 38. № 5. С. 718–728.
- [Tolmachev] Толмачёв А. И. 1960. Арктическая флора СССР. М.–Л. 2577 с.
- [Troshin, Mirin] Трошин Д. С., Мирин Д. М. 2024. Динамика растительности и биотопа ельника черничного: 10 лет после вырубki с сохранением *Populus tremula* // Трансформация экосистем. Т. 7. № 1. С. 237–254.
- [Tsatsenkin, Kasach] Цаценкин И. А., Касач А. И. 1970. Экологическая оценка пастбищ и сенокосов Памира по растительному покрову. Душанбе. 471 с.
- [Tsatsenkin] Цаценкин И. А. 1967. Экологические шкалы для растений пастбищ и сенокосов горных и равнинных районов Средней Азии, Алтая и Урала. Душанбе. 226 с.
- [Tsatsenkin] Цаценкин И. А. 1970. Экологическая оценка кормовых угодий Карпат и Балкан по растительному покрову. М. 250 с.
- [Tsyganov] Цыганов Д. Н. 1983. Фитоиндикация экологических режимов в подзоне хвойно-широколиственных лесов. М.: Наука. 196 с.
- [Shagiev et al.] Шагиев Б. Р., Рогова Т. В., Савельев А. А. 2011. Использование вегетационных индексов как суррогатных факторов для разработки региональной экологической шкалы плодородия почвы // Вестник Удмуртского ун-та. Сер. Биология. Науки о Земле. № 4. С. 21–30.
- Schaffers A. P., Sýkora K. V. 2000. Reliability of Ellenberg indicator values for moisture, nitrogen and soil reaction: a comparison with field measurements // Journ. of Veg. Sci. V. 11. № 2. P. 225–244.
- Wamelink G. W. W., Joosten V., van Dobben H. F., Berendse F. 2002. Validity of Ellenberg indicator values judged from physico-chemical field measurements // Journ. of Veg. Sci. V. 13. P. 269–278.
- [Viktorov et al.] Викторов С. В., Востокова Е. А., Вышивкин Д. Д. 1962. Введение в индикационную геоботанику. М. 227 с.
- [Yurtsev] Юрцев Б. А. 1978. Арктическая флористическая область. Л. 166 с.
- Zolotova E., Ivanova N., Ivanova S. 2022. Global Overview of Modern Research Based on Ellenberg Indicator Values // Diversity. V. 15. № 1. P. 1–14.

## References

- Bauer M., Albrecht H. 2020. Vegetation monitoring in a 100-year-old calcareous grassland reserve in Germany // *Basic and Appl. Ecology*. V. 42. P. 15–26.
- Cajander A. K. 1909. Über Waldtypen // *Acta Forest. Fennica*. V. 28. № 2. 175 p.
- Chytrý M., Tichý L., Dřevojan P., Sádlo J., Zelený D. 2018. Ellenberg-type indicator values for the Czech flora // *Preslia*. V. 90. № 2. P. 83–103.
- Didukh Ya. P. 2011. The ecological scales for the species of Ukrainian flora and their use in synphytoindication. Kyiv: Phytosociocentre. 176 p.
- Diekmann M. 1995. Use and improvement of Ellenberg's indicator values in deciduous forests of the Boreo-nemoral zone in Sweden // *Ecography*. V. 18. № 2. P. 178–189.
- Diekmann M. 2003. Species indicator values as an important tool in applied plant ecology – a review // *Basic and Appl. Ecology*. V. 4. № 6. P. 493–506.
- Dítě D., Šuvada R., Tóth T., Dítě Z. 2023. Inventory of halophytes in inland Central Europe // *Preslia*. V. 95. P. 215–240.
- Egorova N. Iu., Suleimanova V. N. 2023. Ekologo-tsenoticheskaia i resursnaia kha-rakteristika mestoobitanii *Filipendula ulmaria* (L.) Maxim. (*Rosaceae*) v Kirovskoi oblasti [Eco-coenotic and resource characteristics of the habitats of *Filipendula ulmaria* (L.) Maxim. (*Rosaceae*) in the Kirov region] // *Vestnik Severo-Vostochnogo federal'nogo un-ta im. M. K. Ammosova*. № 1 (91). P. 5–15. (In Russian)
- Ellenberg H. 1974. Zeigerwerte der Gefäßpflanzen Mitteleuropas // *Scripta Geobotanica*. V. 9. 97 p.
- Felde V. A., Birks H. H. 2019. Using species attributes to characterize late-glacial and early-Holocene environments at Kråkenes, western Norway // *Journ. of Veg. Sci*. V. 30. № 6. P. 1228–1238.
- Gleason H. A. 1917. The Structure and Development of the Plant Association // *Bul. of the Torrey Botanical Club*. V. 44. № 10. P. 463–481.
- Hawkes, J. C., Pyatt, D. G., White, I. M. S. 1997. Using Ellenberg indicator values to assess soil quality in British forests from ground vegetation: a pilot study // *Basic and Appl. Ecology*. V. 34. P. 375–387.
- Hedwall P. O., Brunet J., Diekmann M. 2019. With Ellenberg indicator values towards the north: Does the indicative power decrease with distance from Central Europe? // *Journ. of Biogeography*. V. 46. № 5. P. 1041–1053.
- Hill M. O., Roy D. B., Mountford J. O., Bunce R. G. H. 2000. Extending Ellenberg's indicator values to a new area: an algorithmic approach // *Basic and Appl. Ecology*. V. 37. № 1. P. 3–15.
- Hundt R. 1966. Ökologisch-geobotanische Untersuchungen an Pflanzen der mitteleuropäischen Wiesenvegetation. 176 p.
- Iversen J. 1936. Biologische Pflanzentypen als Hilfsmittel in der Vegetationsforschung. Ein Beitrag zur ökologischer Charakterisierung und Anordnung der Pflanzengesellschaften. Doct. Dis. University of Copenhagen. Levin & Munksgaard, København. 224 p.
- Kashkarova V. P. 1972. Opyt otsenki svetoliubii vidov travianistogo pokrova s pomoshch'iu metodiki L. G. Ramenskogo [Experience in assessing the photophilia of herbaceous species using the method of L. G. Ramensky] // *Bul. MOIP. Otd. biol*. V. 77. № 3. P. 100–114. (In Russian)
- Keller B. A. 1914. Po dolinam i goram Altaia: botaniko-geograficheskie issledovaniia [Along the valleys and mountains of Altai: botanical and geographical research]. V. 1. XVI. Kazan'. 446 p. (In Russian)
- Kholod S. S. 2013. Rastitel'nost' ostrova Vrangelia na gradiente uvlazhneniia [The vegetation of Wrangel Island according to moisture gradient] // *Bot. zhurn*. V. 98. № 7. P. 828–847. (In Russian)
- Komarova A. F., Borodulina V. P., Zudkin A. G., Cherednichenko O. V. 2021. Kartografirovanie i analiz prostanstvennogo raspredeleniia rastitel'nykh soobshchestv lugov okhrannoi zony Polistovskogo zapovednika [Mapping and spatial distribution analysis of herbaceous vegetation in the transition area of Polistovsky reserve] // *Russian Journ. of Ecosystem Ecology*. № 3. P. 1–66. (In Russian)
- Komarova T. A., Prokhorenko N. B. 2001. Regional'nye ekologicheskie shkaly i ispol'zovanie ikh pri klassifikatsii lesov poluostrova Murav'ev-Amurskii [Local ecological scales and their uses for forest vegetation classification in the Muravuev-Amursky peninsula (Primorye)] // *Bot. zhurn*. V. 86. № 7. P. 101–114. (In Russian)
- Korchagin A. A. 1971. Ispol'zovanie rastitel'nykh soobshchestv kak indikatorov sredy [Use of plant communities as environmental indicators]. V kn.: *Teoreticheskie voprosy fitoindikatsii*. Otv. red. Korchagin A. A. Leningrad: Nauka. P. 7–15. (In Russian)
- Koroliuk A. Iu. 2006. Ekologicheskie optimumy rastenii iuga Sibiri [Ecological optimum of South Siberian plants] // *Botanicheskie is-sledovaniia Sibiri i Kazakhstana*. № 12. P. 3–28. (In Russian)
- Koroliuk A. Iu. 2007. Ispol'zovanie ekologicheskikh shkal v geobotanicheskikh issledovaniakh [Use of environmental scales in geobotanical research] // *Aktual'nye problemy geobotaniki. III Vseros. shkola-konf. Lektsii. Petrozavodsk: KarNTs RAN*. P. 176–197. (In Russian)
- Landolt E., Bäumler B., Erhardt A., Hegg O., Klötzli F., Lämmler W., Nobis M., Rudmann-Maurer K., Schweingruber F. H., Theurillat J.-P., Urmi E., Vust M., Wohlgenuth T. 2010. Flora indicativa. Ökologische Zeiterwerte und biologische Kennzeichen zur Flora der Schweiz und der Alpen. 2<sup>nd</sup> ed. Bern. 378 p.
- Lavrinenko I. A. 2020 a. Podkhody evropeiskikh ekologov k tipologii i kartografirovaniu mestoobitanii [Approaches of European ecologists to typology and mapping of habitats] // *Geobotanicheskoe kartografirovanie*. P. 51–77. (In Russian)
- Lavrinenko I. A. 2020 b. Tipologiya i sintaksonomicheskii sostav territorial'nykh edinit rastitel'nosti: novyi podkhod na primere izucheniia arkticheskikh marshей [Typology and syntaxonomic composition of vegetation terrestrial units: novel approach suggested with the case study of Arctic marshes] // *Rastitel'nost' Rossii*. № 39. P. 100–148. (In Russian)
- Lawesson, J. E., Fosaa, A. M., Olsen, E. 2003. Calibration of Ellenberg indicator values for the Faroe Islands // *Appl. Veg. Sci*. V. 6. P. 53–62.

Metodicheskie ukazaniia po ekologicheskoi otsenke kormovykh ugodii lesostepnoi i stepnoi zon Sibiri po rastitel'nomu pokrovu [Guidelines for the environmental assessment of forage lands in the forest-steppe and steppe zones of Siberia based on vegetation cover]. 1974. Moscow. 246 p. (*In Russian*)

Metodicheskie ukazaniia po ekologicheskoi otsenke kormovykh ugodii tundrovoi i lesnoi zon Sibiri i Dal'nego Vostoka po rastitel'nomu pokrovu [Guidelines for the environmental assessment of forage lands in the tundra and forest zones of Siberia and the Far East by vegetation cover]. 1978. Moscow. 302 p. (*In Russian*)

Midolo G., Herben T., Axmanová I., Marcenò C., Pätzsch R. et al. 2023. Disturbance indicator values for European plants // *Global Ecology and Biogeography*. V. 32. № 1. P. 24–34.

Mirin D. M., Tikhodeeva M. Ju. 2020. Izmeneniia rastitel'nosti dubravy «Les na Vorskle» zapovednika Belogor'e za 60 let [Change of vegetation of reserved oak-wood “Les na Vorskle” during 60 years] // *Bot. zhurn.* V. 105. № 7. P. 672–686. (*In Russian*)

Nakhutsrishvili G. Batsatsashvili, K., Rudmann-Maurer, K., Körner, C., Spehn, E. 2017. New indicator values for Central Caucasus flora // *Plant Diversity in the Central Great Caucasus: A Quantitative Assessment*. P. 145–160.

Nitsenko A. A. 1957. Ekologicheskaiia otsenka kormovykh ugodii po rastitel'nomu pokrovu [Ecological assessment of forage lands based on vegetation cover] / A. A. Nitsenko, L. G. Ramenskii, I. A. Tsatsenkin [i dr.] // *Bot. zhurn.* T. 42. № 7. P. 1110–1114. (*In Russian*)

Odland A. 2009. Interpretation of altitudinal gradients in South Central Norway based on vascular plants as environmental indicators // *Ecological Indicators* V. 9. № 3. P. 409–421.

Ramenskii L. G. 1924. Osnovnye zakonomernosti rastitel'nogo pokrova i metody ikh izucheniiia [Basic patterns of vegetation cover and methods for studying them]. *Vestnik opytного dela Sredne-Chernozemnoi oblasti. Voronezh: Oblastnaia redaktsiia izdatel'skogo komiteta Narodnogo komissariata zemledeliiia*. P. 37–73. Cit.: *Izbrannye raboty. Problemy i metody izucheniiia rastitel'nogo pokrova*. 1971. Leningrad: Nauka. P. 5–33. (*In Russian*)

Ramenskii L. G., Tsatsenkin I. A., Chizhikov O. N., Antipin N. A. 1956. Ekologicheskaiia otsenka kormovykh ugodii po rastitel'nomu pokrovu [Ecological assessment of forage lands based on vegetation cover]. Moscow: Sel'khozgiz. 472 p. (*In Russian*)

Reinecke J., Wulf M., Baeten L., Brunet J., Decocq G., De Frenne P., Diekmann M., Graae B.J., Heinken T., Hermy M., Jamoneau A., Lenoir J., Plue J., Orzechowska A., Van Calster H., Verheyen K., Naaf T. 2016. Acido- and neutrophilic temperate forest plants display distinct shifts in ecological pH niche across north-western Europe // *Ecography*. V. 39. P. 1164–1175.

Sekretareva N. A. 2004. Sosudistye rasteniia Rossiiskoi Arktiki i sopredel'nykh territorii [Vascular plants of the Russian Arctic and adjacent territories]. Moscow. 131 p. (*In Russian*)

Sokol A. P. 1980. Ekologicheskii shkaly bolotnykh rastenii [Ecological scales of mire plants]. V kn.: *Vzaimosviazi komponentov lesnykh i bolotnykh ekosistem srednei taigi Priural'ia*. Leningrad: Nauka. 256 p. (*In Russian*)

Sorokina V. A. 1953. Opyt primeneniia metodov L. G. Ramenskogo [Experience in applying the methods of L. G. Ramensky] // *Bot. zhurn.* V. 38. № 5. P. 718–728. (*In Russian*)

Tolmachev A. I. 1960. Arkticheskaiia flora SSSR [Arctic flora of the USSR]. Moscow–Leningrad. 2577 p. (*In Russian*)

Troshin D. S., Mirin D. M. 2024. Dinamika rastitel'nosti i biotopa el'nika chernichnogo: 10 let posle vyrubki s sokhraneniem *Populus tremula* [Vegetation and biotope dynamics in spruce-bilberry forests *Piceetum myrtillosum*: ten years after clearcutting with retention of European aspen *Populus tremula*] // *Transformatsiia ekosistem*. V. 7. № 1. P. 237–254. (*In Russian*)

Tsatsenkin I. A., Kasach A. I. 1970. Ekologicheskaiia otsenka pastbishch i senokosov Pamira po rastitel'nomu pokrovu [Ecological assessment of Pamir pastures and hayfields based on vegetation cover]. Dushanbe: Donish. 471 p. (*In Russian*)

Tsatsenkin I. A. 1967. Ekologicheskii shkaly dlia rastenii pastbishch i senokosov gornyykh i ravninnykh raionov Srednei Azii, Altaia i Urala [Ecological scales for plants of pastures and hayfields in mountainous and lowland regions of Central Asia, Altai and the Urals]. Dushanbe. 226 p. (*In Russian*)

Tsatsenkin I. A. 1970. Ekologicheskaiia otsenka kormovykh ugodii Karpat i Balkan po rastitel'nomu pokrovu [Ecological assessment of forage lands of the Carpathians and Balkans based on vegetation cover]. Moscow. 250 p. (*In Russian*)

Tsyganov D. N. 1983. Fitoindikatsiia ekologicheskikh rezhimov v podzone khvoino-shirokolistvennykh lesov [Phytoidication of ecological regimes in the subzone of coniferous-deciduous forests]. Moscow: Nauka. 196 p. (*In Russian*)

Shagiev B. R., Rogova T. V., Savel'ev A. A. 2011. Ispol'zovanie vegetatsionnykh indeksov kak surrogatnykh faktorov dlia razrabotki regional'noi ekologicheskoi shkaly plodorodiia pochvy [Use of vegetation indices as a surrogate factor for the development of regional ecological scale of soil fertility] // *Vestnik Udmurtskogo un-ta. Ser. Biologiya. Nauki o Zemle*. № 4. P. 21–30. (*In Russian*)

Schaffers A. P., Sýkora K. V. 2000. Reliability of Ellenberg indicator values for moisture, nitrogen and soil reaction: a comparison with field measurements // *Journ. of Veg. Sci.* V. 11. № 2. P. 225–244.

Wamelink G. W. W., Joosten V., van Dobben H. F., Berendse F. 2002. Validity of Ellenberg indicator values judged from physico-chemical field measurements // *Journ. of Veg. Sci.* V. 13. P. 269–278.

Viktorov S. V., Vostokova E. A., Vyshivkin D. D. 1962. Vvedenie v indikatsionnuu geobotaniku [Introduction to indicator geobotany]. Moscow. 227 p. (*In Russian*)

Iurtsev B. A. 1978. Arkticheskaiia floristicheskaiia oblast' [Arctic floristic region]. Leningrad. 166 p. (*In Russian*)

Zolotova E., Ivanova N., Ivanova S. 2022. Global Overview of Modern Research Based on Ellenberg Indicator Values // *Diversity*. V. 15. № 1. P. 1–14.

## Сведения об авторах

Лапина Анна Матвеевна

М. Н. С.

ФГБУН Ботанический институт им. В. Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург

E-mail: alapina@binran.ru

Lapina Anna Matveevna

M. N. S.

Komarov Botanical Institute RAS, St. Petersburg

E-mail: alapina@binran.ru