



DOI 10.21685/2500-0578-2025-2-1

ОЛЬГА ВСЕВОЛОДОВНА СМИРНОВА И ВКЛАД ЕЕ НАУЧНОЙ И ПЕДАГОГИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В РАЗВИТИЕ ЛЕСНОЙ БИОГЕОЦЕНОЛОГИИ

Т. Ю. Браславская¹, О. И. Евстигнеев², В. Н. Коротков³, А. П. Гераськина⁴,
А. А. Алейников⁵, М. В. Бобровский⁶, Л. Г. Ханина⁷

^{1, 3, 4} Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов имени академика А. С. Исаева РАН, Москва, Россия

² Государственный природный биосферный заповедник «Брянский лес», ст. Нерусса, Брянская обл., Россия

⁵ Институт географии РАН, Москва, Россия

⁶ Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения Российской академии наук

Федерального исследовательского центра «Пущинский научный центр

биологических исследований Российской академии наук», Пущино, Россия

⁷ Институт математических проблем биологии Российской академии наук, филиал Института прикладной математики имени М. В. Келдыша Российской академии наук, Пущино, Россия

¹ t.braslavskaya@gmail.com

Аннотация. Написана в память о главном редакторе журнала «Russian Journal of Ecosystem Ecology» – докторе биологических наук, профессоре Ольге Всеволодовне Смирновой (09.10.1939–30.12.2024); освещены ее путь в науке и педагогическую деятельность. В начале своей исследовательской деятельности (1960-е гг.) она изучала популяционную биологию лесных трав, внесла вместе с А. А. Урановым и коллективом его учеников и сотрудников вклад в развитие теоретических представлений о структуре и динамике ценопопуляций растений. В 1970–1980-х гг. она расширила тематику исследований трав и собрала систематизированные данные об экологических стратегиях нескольких десятков видов, произрастающих в широколиственных лесах. Опубликованная ею в 1987 г. монография с описанием методов и результатов изучения популяционных стратегий растений была пионерной в русскоязычной литературе. В тот же период под руководством или при активном участии О. В. Смирновой ежегодно проводились экспедиции для изучения популяционной организации разных синузий в составе сообществ широколиственных лесов и хвойно-широколиственных лесов. Фокус исследований постепенно сместился на популяционную жизнь древесных видов, их влияние на пространственную структуру лесных фитоценозов и почв, затем, в свою очередь, – на взаимоотношения популяций древесных видов с популяциями гетеротрофов разных таксономических групп и трофических уровней. В ходе экспедиций исследования носили не только описательный, но иногда и экспериментальный характер: проводилось регулирование структуры ценопопуляций древесных видов с целью повысить структурное и таксономическое разнообразие лесов. Комплексные исследования создали базу для подкрепления и развития теоретических концепций мировой популяционной биологии и экологии, описывающих структурно-функциональные организации и саморегуляцию экосистем. Это были представления о мозаично-циклической динамике экосистем, ключевых видах биоты и роли их популяционной жизни, комплементарности в межвидовых взаимоотношениях и ее влиянии на биологическое разнообразие, а также о широкомасштабной многовековой антропогенной трансформации экосистем, которая подавляет все перечисленные процессы. Развивая эти концепции, О. В. Смирнова придавала большое значение построению математических моделей популяций, экосистем и происходящих с ними процессов, организовывала сотрудничество популяционных биологов и других полевых экологов с математиками. В 1990-е гг. и впоследствии география популяционно-ботанических и комплексных биогеоценологических исследований охватила все природно-климатические зоны, где встречаются леса, по всей европейской части России и в различных регионах азиатской части. Среди публикаций, выпущенных по итогам исследований, наибольшую известность получила двухтомная коллективная монография «Восточноевропейские леса: история в голоцене и современность» (2004), в ходе написания которой О. В. Смирнова была ответственным редактором и вдохновителем работы 49 авторов из 19 научных организаций. Одним из важных теоретических итогов многолетней работы О. В. Смирновой стало обоснование ею в 2000-е гг. диагностических критериев для оценки сукцессионного статуса лесных экосистем. Популяционные и биогеоценологические исследования она продолжала вплоть до последних лет своей жизни. Она также всегда стремилась распространять в научных кругах концепции и методы, которые применяла, для чего активно занималась педагогической работой. В том числе в 1990–2000-е гг. О. В. Смирнова руководила в Пущинском государственном университете магистерской образовательной программой «Биогеоценология и лесная экология», читала там и по приглашению в других университетах России учебные курсы «Биогеоценология» и «Историческая экология», руководила многочисленными квалификационными работами магистров и аспирантов, нескольких

соискателей ученой степени доктора биологических наук. Кроме проведения научных полевых исследований О. В. Смирнова в 1990–2010-е гг. участвовала в экспедициях с природоохранными целями, применяя свои знания и опыт для обоснования организации особо охраняемых природных территорий. Другим практическим приложением развиваемых ею научных концепций была неоднократная публикация практических рекомендаций для лесопользователей. В последние годы жизни О. В. Смирнова активно занималась популяризацией научных взглядов, которые она в течение длительного времени развивала, для этого она читала курс лекций «Экология для всех». Научное наследие О. В. Смирновой включает более 300 публикаций, в том числе 28 монографий и 243 статьи в рецензируемых журналах. Ознакомиться с ее трудами можно на персональной странице в информационной системе «Истина» (<https://istina.msu.ru/workers/7762639/>).

Ключевые слова: Смирнова, геоботаника, ученый, популяционная экология

Благодарности: при подготовке статьи использована информация из книги «История развития биолого-химического факультета Московского государственного педагогического института имени В. И. Ленина (Институт биологии и химии Московского педагогического государственного университета)» (составитель Н. Н. Богомолова, М., 2022). Также использована информация из опубликованного дневника деда О. В. Смирновой – М. И. Смирнова (<https://corpus.prozhito.org/notes?diaries=%5B324%5D&diaryTypes=%5B1%5D&offset=50>, доступ 30.01.2025). Фотографии (рис. 1,а,в) предоставлены сотрудниками кафедры экологии Марийского государственного университета.

Для цитирования: Браславская Т. Ю., Евстигнеев О. И., Коротков В. Н., Гераськина А. П., Алейников А. А., Бобровский М. В., Ханина Л. Г. Ольга Всеволодовна Смирнова и вклад ее научной и педагогической деятельности в развитие лесной биогеоценологии // Russian Journal of Ecosystem Ecology. 2025. Vol. 10 (2). <https://doi.org/10.21685/2500-0578-2025-2-1>

OLGA SMIRNOVA AND THE CONTRIBUTION OF HER SCIENTIFIC AND PEDAGOGICAL ACTIVITIES TO THE DEVELOPMENT OF FOREST BIOGEOCOENOLOGY

T.Yu. Braslavskaya¹, O.I. Evstigneev², V.N. Korotkov³, A.P. Geraskina⁴,
A.A. Aleinikov⁵, M.V. Bobrovsky⁶, L.G. Khanina⁷

^{1, 3, 4} Center for Problems of Ecology and Productivity of Forests, Russian Academy of Sciences Moscow, Russia

² State Nature Reserve "Bryanskii Les", Nerussa Station, Bryansk Oblast, Russia

⁵ Institute of Geography of RAS, Moscow, Russia

⁶ Institute of Physicochemical and Biological Problems in Soil Science of RAS,

Pushchino Scientific Center for Biological Research of the Russian Academy of Sciences, Pushchino, Russia

⁷ Institute of Mathematical Problems of Biology of RAS – branch of the Keldysh Institute
of Applied Mathematics, Russian Academy of Sciences, Pushchino, Russia

¹ t.braslavskaya@gmail.com

Abstract. The article is written in memory of Doctor of Biological Sciences, Professor Olga Vsevolodovna Smirnova (10.09.1939–12.30.2024), who was the editor-in-chief of the journal «Russian Journal of Ecosystem Ecology». The article describes her path in science and teaching activities. At the beginning of her research activity (1960s), she studied the population biology of forest herbs. Together with A.A. Uranov and a team of his students and collaborators, she contributed to the development of theoretical ideas about the structure and dynamics of plant populations. In the 1970–1980s, she expanded the scope of plant investigation and obtained a large amount of systematized data on the ecological strategies of several dozen herb species growing in broad-leaved forests. She published her monograph in 1987, describing methods and results of studying plant population strategies, becoming a pioneer on this subject in the Russian-language literature. At the same period, under the guidance or with the active participation of O.V. Smirnova, annual expeditions were conducted to study the population organization of various synusia in the communities of broad-leaved forests and mixed coniferous-broad-leaved forests. The scientific interests of the team gradually shifted to the population life of tree species, which are key species in forest ecosystems and impact the spatial structure of forest vegetation and soils, then, in turn, to the relationships of tree species populations with heterotroph populations of different taxonomic groups and trophic levels. During the expeditions, the research was not only descriptive, but sometimes also experimental: the structure of tree species populations was regulated in order to increase the structural and taxonomic diversity of forests. Comprehensive studies created a basis for reinforcing and developing theoretical concepts of world population biology and ecology, describing the structural and functional organization and self-regulation of ecosystems. Those were ideas about the

mosaic-cyclic dynamics of ecosystems, key species of biota and the role of their population life, complementarity in interspecific relationships and its impact on biological diversity, as well as large-scale centuries-old anthropogenic transformation of ecosystems, which suppresses all the processes listed. Developing these concepts, O.V. Smirnova attached great importance to the mathematical modelling of populations, ecosystems and the processes they are involved in. She often initiated collaboration between population biologists and other field ecologists and mathematicians. In the 1990s and subsequently, the geography of plant-population and complex biogeocenotic studies covered all climatic zones where forests can be found, throughout the European part of Russia and various regions of the Asian part. Among the publications released based on the results of the conducted studies, the most famous was the 2-volume collective monograph «Eastern European Forests: History in the Holocene and the Present» (2004). When writing it, O.V. Smirnova was the editor-in-chief and inspired work of 49 authors from 19 scientific organizations. In the 2000s, as a sufficient theoretical result of her long-term work, O.V. Smirnova substantiated diagnostic criteria for assessing the successional status of forest ecosystems. She continued population and biogeocenotic studies until the last years of her life. She also always sought to disseminate among other researchers the concepts and methods that she used, for this she was actively involved in pedagogical work. In particular, in the 1990s and 2000s, O.V. Smirnova headed the master's degree educational programme «Biogeocenology and Forest Ecology» at Pushchino State University, delivered the lecture courses «Biogeocenology» and «Historical Ecology» there and, by invitation, at other universities in Russia. Besides, she supervised numerous qualifying works of master's degree students and post-graduate students, several applicants for the academic degree of Doctor in Biological Sciences. In addition to conducting scientific field research, O.V. Smirnova participated in expeditions with nature conservation aims in the 1990s-2010s, using her knowledge and experience to justify the establishment of specially protected natural areas. Another practical application of the scientific concepts she developed was the repeatedly published practical recommendations for forest users. In the last years of her life, O.V. Smirnova was actively involved in popularizing the scientific views that she had been developing for a long time; for this purpose, she gave a course of lectures called "Ecology for Everyone". O.V. Smirnova's scientific heritage includes more than 300 publications, e.g. 28 monographs and 243 articles in peer-reviewed journals. One can read her works on her personal page in the Istina information system (<https://istina.msu.ru/workers/7762639/>).

Keywords: Smirnova, geobotany, scientist, population ecology

Acknowledgements: used in preparing the article was the information from the book "History of biological-chemical faculty of V. I. Lenin Moscow State Pedagogical Institute (Biology and Chemistry Institute of Moscow Pedagogical State University)" compiled by N.N. Bogomolova (Moscow, 2022). Also information from published diary of M.I. Smirnov (O.V. Smirnova's grandfather) was used (<https://corpus.prozhito.org/notes?diaries=%5B324%5D&diaryTypes=%5B1%5D&offset=50>, date of access 30.01.2025). Photos (Fig. 1,a,б) were kindly provided by the staff of the Department of Ecology Mariy-El State University.

For citation: Braslavskaya T.Yu., Evstigneev O.I., Korotkov V.N., Geraskina A.P., Aleinikov A.A., Bobrovsky M.V., Khanina L.G. Olga Smirnova and the contribution of her scientific and pedagogical activities to the development of forest biogeocoenology. Russian Journal of Ecosystem Ecology. 2025;10(2). (In Russ.). Available from: <https://doi.org/10.21685/2500-0578-2025-2-1>

30 декабря 2024 г. ушла из жизни главный редактор нашего журнала Ольга Всеволодовна Смирнова – крупный ученый в области демографии растений, популяционной биологии и лесной биogeоценологии.

Ольга Всеволодовна родилась 9 октября 1939 г. в Москве. Ее отец Всеволод Михайлович Смирнов был главным конструктором проектного отдела Треста электропечей, а мама Нина Николаевна Смирнова – сотрудницей ТАСС (переводчицей с французского языка). В начале Великой Отечественной войны В. М. Смирнов организовывал эвакуацию своего учреждения, простудился в условиях напряженной работы и заболел воспалением легких, вследствие чего у него развилась сердечная недостаточность, от которой он умер в ноябре 1941 г. Ольгу Всеволодовну воспитывали мама и бабушка

Екатерина Михайловна Жукова; годы войны семья провела в подмосковном поселке на станции «42-й километр» Рязанской железной дороги, а после окончания войны вернулась в Москву, где жила в Гагаринском переулке, в комнате коммунальной квартиры.

В школьном возрасте Ольга Всеволодовна стала посещать кружок юных биологов юношеской секции Всероссийского общества охраны природы (ВООП), который был создан при Государственном Дарвиновском музее Петром Петровичем Смолиным (юннаты называли его по прозвищу – ППС). В старших классах школы, под влиянием своей двоюродной сестры Людмилы Алексеевны Жуковой, поступившей на факультет естествознания (впоследствии – биолого-химический) Московского государственного педагогического института (МГПИ)

имени В. И. Ленина, Ольга Всеволодовна стала посещать на этом факультете студенческий ботанический кружок, которым руководил талантливый ботаник и педагог, профессор Алексей Александрович Уранов, заведовавший в МГПИ кафедрой ботаники. По его заданию Ольга Всеволодовна, еще будучи школьницей, начала свою первую исследовательскую работу –

наблюдение за сезонным ритмом роста корней у травянистых растений в подмосковных дубравах. Кроме того, она в это время ходила на биолого-почвенный факультет Московского государственного университета (МГУ) имени М. В. Ломоносова слушать лекции А. А. Уранова по ботанике – он работал там по совместительству, в том числе руководил геоботаническим кружком.

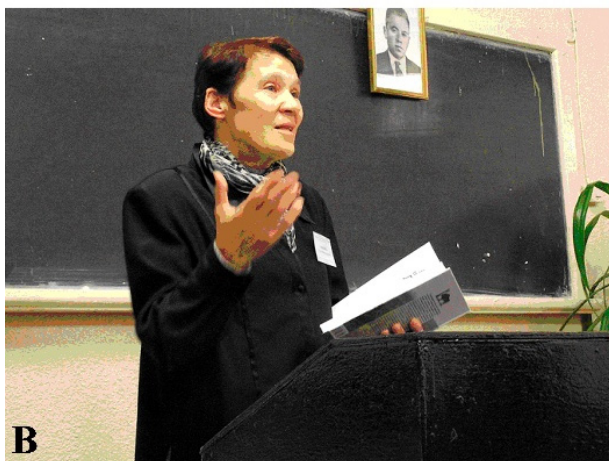
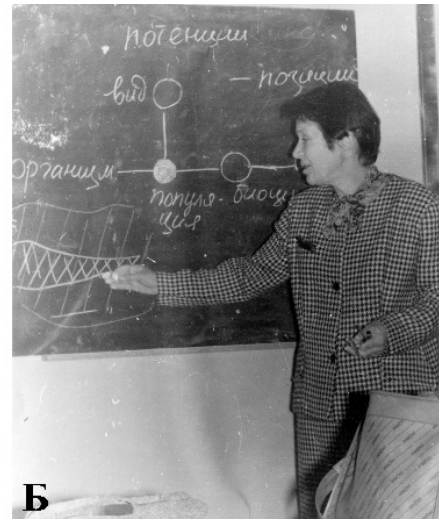


Рис. 1. О. В. Смирнова в разные годы ее жизни:

а – 1957 г.: на экскурсии ботанического кружка МГПИ в оранжерее Главного ботанического сада;
б – 1994 г.: во время чтения лекции магистрантам кафедры системной экологии Пущинского государственного университета; в – 2004 г.: выступление на VII Международной конференции по морфологии растений, посвященной памяти И. Г. и Т. И. Серебряковых, с презентацией книги «Восточноевропейские леса. История в голоцене и современность»; з – 2009 г.: в маршруте во время экспедиции в лесной массив долины р. Бикин (Приморский край)

Fig. 1. O.V. Smirnova in different years of her life:

а – 1957: on an excursion of the botanical club of Moscow State Pedagogical Institute in the greenhouse of the Main Botanical Garden; б – 1994: during a lecture for master's degree students of the Department of Systems Ecology at Pushchino State University; в – 2004: speech at the VII International Conference on Plant Morphology, dedicated to the memory of I.G. and T.I. Serebryakovs, with a presentation of the book "Eastern European Forests. History in the Holocene and the Present"; з – 2009: on the route during an expedition to the forest massif of the Bikin River valley (Primorsky Krai)

После окончания школы Ольга Всеволодовна в 1958 г. поступила на биолого-почвенный факультет МГУ, поскольку А. А. Уранов дал ей

совет не занимать чужое место в МГПИ, если она не чувствует в себе склонности работать школьным учителем. Обучаясь на биолого-

почвенном факультете, она выбрала для себя специализацию на кафедре геоботаники, хотя А. А. Уранов с 1960 г. не преподавал в МГУ, так как работа по совместительству была запрещена. В студенческие годы Ольга Всеволодовна продолжала исследования сезонного роста корневых систем. В 1963 г. она с отличием окончила биолого-почвенный факультет МГУ и поступила в аспирантуру при кафедре ботаники МГПИ, где А. А. Уранов стал руководителем ее кандидатской диссертации, посвященной вопросам популяционной биологии травянистых видов в широколиственных лесах. Закончив в 1966 г. обучение в аспирантуре, Ольга Всеволодовна стала сотрудником Проблемной биологической лаборатории (ПБЛ) при МГПИ. В том же году в журнале «Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел биологический» (Бюллетень МОИП) вышла ее первая научная публикация, подводившая итог юношеских исследований: «Ритм роста корневых систем некоторых травянистых растений дубрав».

В 1968 г. Ольга Всеволодовна защитила кандидатскую диссертацию по гораздо более широкой и теоретически значимой теме: «Жизненные циклы, численность и возрастной состав популяций основных компонентов травяного покрова дубрав». В 1969 г. она была соавтором А. А. Уранова в опубликованной в Бюллетене МОИП статье «Классификация и основные черты развития популяций многолетних растений», где были систематизированы представления о возможных направлениях динамики популяций и способах ее прогноза на основе анализа демографической (возрастной, онтогенетической) структуры популяций. Одним из интересов А. А. Уранова было применение подходов физики и математических методов к описанию сложных живых систем – популяций и сообществ. Он стремился заинтересовать этим и своих учеников; по его рекомендации Ольга Всеволодовна ознакомилась с опубликованной в то время книгой Г. Ф. Хильми «Основы физики биосферы» (1966).

В отечественной геоботанике развитие представлений о популяционной организации растительных сообществ началось в 1940–1950-х гг. с трудов известного луговед Тихона Александровича Работнова и было в 1960–1970-е гг. продолжено А. А. Урановым и его многочисленными аспирантами, одной из которых была Ольга Всеволодовна. Эти представления стали важным шагом в методологии исследований – они показали возможность взаимосвязанно исследовать экологию растений на нескольких уровнях – организменном, популяционном и ценоотическом (а в дальнейшем – и на биогеоценоотическом),

не просто описывать изучаемые объекты и регистрировать их динамику, но и понимать ее причины и регулирующие факторы. Однако не все геоботанические научные школы были согласны с этими представлениями, поэтому публикации и доклады исследователей, развивавших в геоботанике популяционное направление, сопровождались напряженными дискуссиями.

По сложившейся в МГПИ традиции, сотрудники ПБЛ руководили сезонными полевыми практиками студентов, выезжая с учебными группами в экспедиции в разные районы страны, а также курсовыми и дипломными работами. Ольга Всеволодовна активно включилась в эту работу. Продолжая сравнительные исследования популяционной биологии травянистых видов широколиственных лесов в разных частях ареалов, она организовывала экспедиции по подзоне широколиственных лесов в пределах Украины (Львовская, Закарпатская, Черкасская, Тернопольская и другие области) и России (Белгородская, Калужская, Московская, Пензенская, Кемеровская и Свердловская области, Алтайский край и др.). У студентов, которые принимали участие в этих экспедициях, оставались яркие впечатления не только от прекрасных ландшафтов, которые они посещали, и приобщения к научным исследованиям, но и от общения с Ольгой Всеволодовной – целеустремленным и увлеченным популяционной теорией исследователем, харизматичным человеком, постоянно передающим свою увлеченность окружающим. Целый ряд студентов, у которых она руководила учебными ботаническими работами, после получения дипломов поступили в аспирантуру МГПИ. При этом ее научные интересы отнюдь не ограничивались ботаникой, вследствие чего будущим зоологам тоже было интересно обсуждать с ней теоретические вопросы экологии.

После смерти А. А. Уранова (1974) Ольга Всеволодовна вместе с другими его учениками, особенно работавшими в ПБЛ и на кафедре ботаники МГПИ, прикладывала много усилий, чтобы продолжить распространение популяционных подходов в отечественных ботанических исследованиях. В соавторстве с Л. А. Жуковой, Л. Б. Заугольной, В. Н. Егоровой, И. М. Ермаковой, Е. И. Курченко, Н. М. Григорьевой, Л. И. Воронцовой, Н. И. Шориной, А. М. Быловой, Л. Е. Гатцук, А. А. Чистяковой, Н. Ф. Михайловой, А. Р. Романовым, А. Н. Чебураевой, Н. А. Тороповой, Н. С. Сугоркиной и другими коллегами были изданы в 1970–1980-е гг. коллективные монографии серии «Ценопопуляции растений» (см. библиографический список) и методические руководства по изучению

онтогенеза и демографической (онтогенетической) структуры популяций у растений разных жизненных форм. В этом они находили активную поддержку выдающегося отечественного ботаника, профессора Татьяны Ивановны Серебряковой, сменившей А. А. Уранова на должности заведующего кафедрой ботаники в МГПИ; она была редактором нескольких монографий. Во время XII Международного Ботанического конгресса, который состоялся в г. Ленинграде в 1975 г., коллектив ПБЛ был организатором популяционного семинара. На этом семинаре вместе с коллегами Ольга Всеволодовна демонстрировала зарубежным ученым методику выделения дискретных онтогенетических состояний у растений.

По итогам проведенных в 1960-е, 1970-е и начале 1980-х гг. исследований экологии неморальных травянистых видов Ольга Всеволодовна в 1983 г. защитила докторскую диссертацию «Поведение видов и функциональная организация травяного покрова широколиственных лесов (на примере равнинных широколиственных лесов Европейской части СССР и липняков Сибири)». В названии диссертации слово «поведение» подразумевало популяционные стратегии видов. В этой работе впервые в отечественной ботанике были исследованы по унифицированной методике популяционная биология и стратегии у 55 видов, произрастающих в сообществах одного типа, проведен сравнительный анализ стратегий у разных видов. Также был предложен подход к оценке в широколиственных лесах динамики травяного покрова на основе численности и структуры ценопопуляций у совместно произрастающих видов с разными стратегиями. Несколько позже Ольга Всеволодовна переработала докторскую диссертацию в монографию «Структура травяного покрова широколиственных лесов», которая была опубликована в 1987 г. в издательстве «Наука» (к сожалению, при подготовке к публикации из названия книги было исключено, по настоянию редактора издательства, слово «поведение»). За эту монографию в 1989 г. Ольге Всеволодовне был присужден почетный диплом Московского общества испытателей природы. Книга до сих пор остается методологическим образцом для исследования популяционных стратегий у видов в составе растительного сообщества.

В конце 1970-х гг., после защит кандидатских диссертаций по популяционной биологии широколиственных видов деревьев коллегами Ольги Всеволодовны – Людмилой Борисовной Заугольной («Онтогенез и возрастные спектры популяций ясеня обыкновенного в фитоценозах лесной и лесостепной зоны», 1968) и Александрой

Александровной Чистяковой («Большой жизненный цикл и фитоценотическая роль липы сердцевидной (*Tilia cordata* Mill.) в разных частях ареала», 1978) – коллектив ботаников ПБЛ начал планомерные исследования популяционной организации сообществ широколиственных лесов. Важным теоретическим подспорьем для этого были вышедшие в русском переводе книги П. У. Ричардса «Тропический дождевой лес» (1961) и Р. Уиттекера «Сообщества и экосистемы» (1980). Стимулом также послужили совместные экскурсии Ольги Всеволодовны в хвойно-широколиственных лесах Урала с сотрудником Средне-Уральского горно-лесного биогеоценологического стационара Владимиром Георгиевичем Турковым, во время которых он показал ей примеры старовозрастных лесов с ветровальной динамикой и мозаикой окон в пологе древесных крон. Исходя из этих знаний, коллектив ПБЛ с помощью аспирантов и студентов-практикантов изучал онтогенез у всех широколиственных видов деревьев, выяснял демографическую и пространственную структуру их ценопопуляций в широколиственных лесах, анализировал сходство и различие этой структуры у видов, совместно произрастающих в одних и тех же лесных сообществах, оценивал способность разных ценопопуляций к самоподдержанию. В широколиственно-лесной подзоне европейской части СССР участники экспедиций редко встречали леса с развитой оконной мозаикой – это было следствием многовекового вмешательства хозяйственной деятельности людей в естественную динамику лесов. За весь период исследований в широколиственно-лесной и подтаежной подзонах только в двух лесных массивах – Сабарском (на юге Среднего Урала) и Калужских засеках – были обнаружены леса с демографической и пространственной структурой ценопопуляций деревьев, сложившейся в ходе длительной естественной динамики.

Результатом коллективной работы 1980-х гг. стали сначала методическое руководство для студентов «Диагнозы и ключи онтогенетических состояний растений. Деревья и кустарники» (1989) и небольшой препринт «Популяционная организация растительного покрова лесных территорий (на примере широколиственных лесов европейской части СССР)» (1990). В последней работе фокус внимания уже был перенесен с растительных сообществ на лесные биогеоценозы: было описано воздействие естественной популяционной жизни (включающей ветровальную динамику) древесных видов на структуру лесной почвы. В этой работе также были охарактеризованы популяционные стратегии разных видов широколиственных

и мелколиственных деревьев, рассмотрено влияние хозяйственной деятельности на растительный и почвенный покров.

Через несколько лет в издательстве «Наука» вышла коллективная монография «Восточноевропейские широколиственные леса» (1994). В ней были более подробно изложены результаты исследований этих сообществ и экологии древесных, кустарниковых и травянистых видов, истории хозяйственной деятельности и ее влияния на лесной покров в широколиственно-лесной подзоне, обобщены предшествующие теоретические работы коллектива по оценке способности ценопопуляций древесных видов к самоподдержанию. В круг рассматриваемых вопросов было также включено взаимодействие популяций гетеротрофов (животных) с популяциями растений в формировании пространственной структуры и экологического режима в лесах. Ольга Всеволодовна была ответственным редактором этой монографии, организатором и вдохновителем всей работы по ее написанию.

Исследования коллектива ПБЛ в широколиственно-лесной и подтаежной подзонах имели не только чисто научный, но и практический выход. Так, в начале 1990-х гг. Ольга Всеволодовна вместе с коллегами подготовили предложения по организации заповедника «Калужские засеки» (Ульяновский район Калужской области) и Сабарского ландшафтного заказника (Артинский район Свердловской области). Заповедник был организован в 1992 г., а заказник – в 2001 г.

Под руководством Ольги Всеволодовны были проведены натурные эксперименты по восстановлению мозаично-ярусной структуры лесов на территории Львовской и Тернопольской областей Украины, а также в Московской области. По итогам этих работ опубликованы «Методические рекомендации по воспроизводству разновозрастных широколиственных лесов европейской части СССР» (1989). К уникальным экспериментам относятся опыты по ускорению демулационных смен в грабовых лесах Каневского заповедника (Черкасская область), заложенные в апреле 1984 г.

Стремление изучать динамику популяций древесных видов и обусловленные ею сукцессии лесов закономерно укрепило заложенный еще А. А. Урановым интерес Ольги Всеволодовны к математическому моделированию: ведь такие долговременные процессы исследователь обычно не может полностью изучить путем прямых наблюдений. С середины 1980-х гг. она сотрудничала с математиками, работавшими в Московском лесотехническом институте (позже –

Московском государственном университете леса, МГУЛ), и участвовала вместе с ними в разработке имитационных моделей спонтанной динамики популяций древесных видов и связанной с ней динамикой структуры, светового режима и состава многовидовых лесных ценозов.

В трудный для отечественной науки постсоветский период Ольга Всеволодовна смогла не только не прервать, но и значительно расширить исследования популяционной организации лесов. На этом этапе ее научная работа вместе с Л. Б. Заугольной продолжилась (с 1992 г.) в Центре по проблемам экологии и продуктивности лесов Российской академии наук (ЦЭПЛ РАН), куда их пригласил организатор этого института – бывший председатель Госкомлеса СССР, академик АН СССР (затем – академик РАН) Александр Сергеевич Исаев. Приглашение на работу в ЦЭПЛ было следствием широких научных интересов Ольги Всеволодовны, в частности – ее интереса к применению математического моделирования в лесной экологии.

В 1993 г. началась наиболее активная педагогическая деятельность Ольги Всеволодовны – преподавание в магистратуре Пущинского государственного университета (ПущГУ) на кафедре системной экологии, которую организовал математик (но доктор биологических наук) Александр Сергеевич Комаров. В магистратуру поступали выпускники вузов всей страны, которые стремились повысить свою квалификацию, расширить опыт проведения исследований и стать научными работниками. Ольга Всеволодовна до 2008 г. руководила на кафедре магистерской образовательной программой «Биогеоценология и лесная экология». За этот период кафедра выпустила более сотни магистров биологии. Ольга Всеволодовна читала им учебные курсы «Биогеоценология» и «Историческая экология» (кроме того, она читала эти курсы во многих других университетах России как приглашенный лектор). Она привлекала к чтению лекций магистрантам и других опытных и известных биологов: на кафедре читали курсы В. М. Галушин, О. И. Евстигнеев, К. Ю. Еськов, В. В. Жерихин, Н. А. Завьялов, В. Н. Калякин, Т. В. Кузнецова, А. С. Раутиан, Н. А. Торопова, В. С. Фридман, О. Г. Чертов, С. Э. Шноль и др. Важным делом Ольга Всеволодовна также считала организацию выездных полевых учебных практик. Магистранты ездили вместе с ней проводить геоботанические и популяционно-биологические исследования в заповедниках и национальных парках европейской части России – в Калужской, Брянской, Воронежской, Тамбовской, Вологодской, Тверской и других областях. Во время этих практик Ольга Всеволодовна

всегда стремилась организовать сотрудничество между кафедрой системной экологии и научными работниками природоохранных учреждений, а также заинтересовать магистрантов научной работой в заповедниках и национальных парках. Отдельной важной частью ее работы на кафедре системной экологии было руководство выполнением магистерских работ и аспирантами.

В это же время и в научной работе Ольги Всеволодовны фокус внимания все больше и больше смещался от популяционно-ботанических вопросов к общим проблемам биогеоценологии, генезиса лесных экосистем и палеоэкологии, а географически – от широколиственно-лесной подзоны к подтаежной, а потом – к таежной зоне, а в связи с интересом к роли крупных фитофагов в биогеоценологических процессах – к степной и тундровой зонам. Несколько тысяч геоботанических описаний, выполненных вместе с магистрантами ПушГУ во время полевых практик и при подготовке ими магистерских диссертаций, стали основой для разработки системы эколого-ценотических групп (ЭЦГ) видов растений лесной полосы европейской части России; анализ этих материалов Ольга Всеволодовна проводила совместно с сотрудниками ЦЭПЛ РАН и кафедры системной экологии. По результатам экспедиционных работ 1990-х гг. были написаны коллективные монографии «Сукцессионные процессы в заповедниках России и проблемы сохранения биологического разнообразия» (1999) и «Оценка и сохранение биоразнообразия лесного покрова в заповедниках Европейской России» (2000). Коллективы авторов включали сотрудников ЦЭПЛ РАН, ПушГУ, нескольких заповедников, других научных учреждений и вузов; многие выпускники магистратуры и аспирантуры ПушГУ приняли участие в работе над этими книгами.

С конца 1990-х гг. Ольга Всеволодовна и ряд ее учеников из ПушГУ получили возможность работать в составе природоохранных экспедиций по обследованию крупных лесных массивов в таежной зоне как европейской (Республики Карелия и Коми), так и азиатской (Красноярский и Приморский края) частях России. В этих экспедициях необходимо было совершать длительные пешие маршруты, нередко – многодневные, т.е. переносить на себе все полевое снаряжение. Несмотря на нелегкие условия работы, Ольга Всеволодовна выполняла в этих экспедициях десятки геоботанических описаний лесов в труднодоступных районах, ранее не посещавшихся геоботаниками. Наблюдения показали, что даже на таких территориях динамика многих таежных лесов, не подвергавшихся промышленным

рубкам, нередко не была вполне естественной, поскольку регулировалась частыми пожарами, которые возникали в ходе хозяйственной деятельности или просто из-за неосторожного поведения людей в лесах. Осмысление этих наблюдений и опыта всех предшествующих исследований позволило Ольге Всеволодовне сформулировать критерии оценки сукцессионного статуса лесных биогеоценозов, включающие признаки демографической и пространственной структуры популяций лесообразующих древесных видов; выраженность влияния ветровальной динамики на микрорельеф и почвенный покров; присутствие в биогеоценозе фитофагов, регулирующих численность популяций деревьев; экологические стратегии доминирующих видов деревьев, кустарников и трав; разнообразие ЭЦГ во флористическом составе растительных сообществ; наличие или отсутствие признаков антропогенных воздействий. Оценка по этим критериям различных сообществ, которые Ольга Всеволодовна могла наблюдать во время полевых исследований, приводила к заключению, что большинство из них (даже в таежной зоне) представляли собой те или иные промежуточные стадии восстановления после антропогенных нарушений разной интенсивности.

Выдающимся результатом исследований лесного покрова, которые были проведены Ольгой Всеволодовной, ее коллегами и учениками, стал выход в издательстве «Наука» еще одной, наиболее объемной (двухтомной) и разносторонней коллективной монографии – «Восточноевропейские леса. История в голоцене и современность» (2004). В ней изложение теоретических представлений о популяционной организации лесов, описание новых результатов в области популяционной экологии растений разных жизненных форм, изучения и моделирования структуры и видового разнообразия лесных растительных сообществ было дополнено систематизированной характеристикой ценотического разнообразия лесного покрова в разных природных зонах европейской части России и Урала, обсуждением роли гетеротрофов (уже не только животных, но и грибов) в регуляции структуры и динамики лесных биогеоценозов, а также представлениями о том, что современная зональная дифференциация лесного покрова – это в значительной степени результат антропогенной трансформации биогеоценозов на больших территориях, а не влияния современных или прошлых климатических процессов. Ольга Всеволодовна была ответственным редактором этой монографии и снова привлекла к работе над ней большой коллектив исследователей из разных регионов (всего – 49 соавторов

из 19 учреждений). Монография вызвала очень живой интерес в российском научном сообществе, к настоящему времени насчитывается более 500 ее цитирований (без учета самоцитирования авторов). В 2013 г. по заказу редакции Plant and Vegetation издательства Springer началась работа по переводу на английский язык разделов этой монографии, описывающих разнообразие лесного покрова в Европейской России. Основные теоретические концепции, на которых базировались проведенные исследования, тоже были включены в переводное издание. Перевод вышел в 2017 г. под названием «European Russian Forests: Their Current State and Features of Their History».

Еще в ходе работы над предыдущей коллективной монографией («Восточноевропейские широколиственные леса») Ольга Всеволодовна окончательно пришла к убеждению, что биоту и популяционную жизнь составляющих ее видов надо рассматривать в ландшафтах как активный и организующий компонент, а не как подчиненный геологическим и климатическим условиям; подобная подчиненность наблюдается только в результате долговременного и интенсивного антропогенного пресса на биоту. Такую точку зрения и ранее высказывали другие исследователи, особенно зоологи, но для многих геоботаников, лесоведов и лесоводов, ландшафтоведов и экологов она была непривычна, как и более ранние представления о популяционной организации растительных сообществ и биогеоценозов. Отстаивая свои взгляды в многочисленных дискуссиях, Ольга Всеволодовна хорошо понимала проблемы и других исследователей, стремившихся развивать концепции, которые расходились с господствующими в научных кругах представлениями. Она старалась морально поддерживать таких людей, особенно в тех случаях, когда их система взглядов органично дополняла концепцию ведущей роли биоты в функционировании биогеоценологического покрова. Один из примеров – отношение Ольги Всеволодовны к антигляциальной теории, современным сторонником которой был зоолог Владимир Николаевич Калякин, сотрудник кафедры биогеографии географического факультета МГУ. Ольга Всеволодовна много обсуждала с ним аргументацию этой теории, пригласила его написать в первом томе монографии «Восточноевропейские леса» раздел про историю развития биогеоценологического покрова в плейстоцене и голоцене, приглашала своих коллег и учеников на его доклады.

После работы над книгой «Восточноевропейские леса. История в голоцене и современность»

одним из основных научных интересов Ольги Всеволодовны стал поиск лесов, структурно-функциональная организация которых в наибольшей степени соответствует теоретическим представлениям о саморегуляции биогеоценозов и их способности к самоподдержанию. Наиболее перспективной для такого поиска территорией она признала крупный и труднодоступный (т.е. потенциально малонарушенный) лесной массив в верховьях р. Печоры (Северный Урал) – на территории Печоро-Илычского государственного природного биосферного заповедника. Первую рекогносцировочную экспедицию туда она организовала в 2003 г., вторую – в 2005 г. Заброска проводилась на моторных лодках вверх по Печоре до мест, куда можно было проплыть, а подниматься в верховья к самым ненарушенным лесам можно было только пешком; жить надо было в палатках; группы были небольшими, выполняли преимущественно геоботанические исследования. С 2007 г. начались ежегодные комплексные и продолжительные (обычно более одного месяца) экспедиции в верховья Печоры под руководством Ольги Всеволодовны, которые проводились до 2018 г. Ей удавалось собирать для этих экспедиций коллективы по 10–15 человек – специалистов разных полевых экологических дисциплин, а также студентов и аспирантов (из разных вузов и научных учреждений), которые имели возможность перенимать опыт этих специалистов, помогая им, а одновременно – собирать материалы для своих квалификационных работ. В 2010–2011 гг. в составе экспедиции участвовали исследователи из Швейцарии, Японии и Франции. Условия работы были те же: лодочный и пеший подъем в верховья Печоры (для завоза оборудования и запаса продуктов заповедник весной представлял баржу – в период половодья, когда в реке было много воды), жизнь в палатках или маленьких лесных избушках, возня с дровами для костров и печек, речная вода для всех надобностей, непредсказуемая погода в горах, короткое лето, борьба с разнообразными и многочисленными в большом лесном массиве кровососущими насекомыми, привезенный с собой запас сухарей вместо хлеба, отсутствие электрического света во время камеральных работ, отсутствие регулярной связи с внешним миром. При этом участники экспедиций успешно проводили исследования ценологического разнообразия в растительном и почвенном покрове, состава почвенной микро- и мезофауны беспозвоночных, популяционной экологии древесных видов, видового разнообразия и структурной организации нижних ярусов растительных сообществ, продуктивности лесов, а также истории

природопользования и пожаров в регионе, чтобы выяснить, насколько сохранившимися можно считать лесные экосистемы в этом массиве. Одним из интересных результатов стало обнаружение в верховьях Печоры редкостойных высокотравных лесов с высоким флористическим и структурным разнообразием, сопоставимым по уровню с наиболее богатыми разнотравными степями и неожиданным в среднетаежной подзоне. На модельном полигоне были описаны разные варианты квазистационарного состояния экосистем темнохвойных лесов, сформировавшихся более 500–700 лет назад после крупных нарушений (пожары, ветровалы). Результаты исследований лесных экосистем на разных этапах восстановления стали основой для разработки сукцессионной системы бореальных лесов Европейской России. Еще одним интересным результатом стало описание положительной роли сильно разложившегося валежника в популяционной жизни дождевых червей.

Кроме Печоро-Илычского заповедника, Ольга Всеволодовна в этот период участвовала в экспедициях и в другие регионы, в том числе для оценки природоохранной ценности лесов. Так, в 2009 г. было проведено обследование уникальных кедрово-широколиственных лесов в долине реки Бикин в Приморском крае. В 2010 г. состоялась экспедиция по выявлению лесов высокой природоохранной ценности на севере Иркутской области. В 2011 г. под руководством Ольги Всеволодовны искали и исследовали максимально сохранившиеся лесные экосистемы в Вологодской области. Последние экспедиции Ольги Всеволодовны были организованы в 2018 и 2019 гг. – на Средний Урал, в Висимский государственный природный биосферный заповедник для изучения вместе с его сотрудниками оставшихся на территории заповедника и рядом с ней полидоминантных и разновозрастных хвойно-широколиственных лесов с выраженной ветровальной мозаичностью. Практическим результатом полевых исследований этого периода стала организация при активном содействии Ольги Всеволодовны Национального парка «Бикин» (2015 г., Приморский край) и расширение территории Висимского заповедника (2025 г., Свердловская область).

Большой интерес у Ольги Всеволодовны оставался к оценке роли сохранившихся или реинтродуцированных крупных фитофагов в современных лесных экосистемах, их средообразующей деятельности и влиянию на другие группы биоты. Поскольку в ряде регионов европейской части России с конца 1990-х годов активно реализуется программа по реинтродукции

зубра европейского (*Bison bonasus* L.), Ольга Всеволодовна провела вместе с молодыми сотрудниками ЦЭПЛ РАН научные экспедиции на некоторые такие территории. Так, в 2014 г. она посетила Архызский участок Тебердинского биосферного заповедника, в котором на тот момент обитала небольшая вольноживущая группировка зубров. В 2017 г. состоялась экспедиция в Национальный парк «Орловское Полесье», где формируется одна из самых крупных в мире вольноживущих популяций зубров «Орловско-Брянско-Калужская» (численность на тот момент – порядка 400 особей). По итогам этих экспедиций Ольга Всеволодовна с коллегами провели анализ влияния разной плотности популяций зубров на разнообразие и структуру растительности и фауны почвенных беспозвоночных.

В 2015 г. при участии Ольги Всеволодовны был организован наш журнал, она стала его главным редактором и пригласила многих членов редколлегии – специалистов в разных биологических дисциплинах. Она рассматривала «Russian Journal of Ecosystem Ecology» как возможность для обсуждения и пропаганды на мировом уровне лучших подходов и достижений отечественной биогеоэкологии, фактических данных о функциональной организации и динамике экосистем, теоретических концепций общей экологии.

Ольга Всеволодовна стремилась использовать любую возможность поделиться своими поистине энциклопедическими знаниями. На базе культурно-просветительского центра «АРХЭ» она прочитала в 2017–2018 гг. курс лекций «Экология для всех», ориентированный на широкую аудиторию. Богато иллюстрированные презентации знакомили слушателей с особенностями функционирования живого покрова Земли, механизмами поддержания видового и структурного разнообразия, антропогенной деградацией биоты Северной Евразии. Прозвучали тревожные мысли о том, что «современный живой покров Земли не может поддерживать условия, необходимые для устойчивого существования человечества: оптимальный климат, гидрологический и температурный режим, почвенное плодородие и биологическое разнообразие». Была рассмотрена необходимость принципиального изменения способов природопользования и мероприятий по восстановлению оптимального для человечества состояния биосферы, с учетом достижений современной экологии. Видеозаписи этих лекций стали чрезвычайно популярными: более 45 тыс. просмотров.

Ольга Всеволодовна оставила обширное научное наследие, которое насчитывает свыше

300 работ. Со всеми статьями, книгами, а также с авторефератами и некоторыми диссертациями ее учеников можно познакомиться в сети Интернет на платформе ИСТИНА МГУ – страница <http://istina.msu.ru/profile/sov1933/>. Она руководила 25 защищенными кандидатскими диссертациями, пятеро ее учеников стали докторами наук. В 1994 г. ей было присвоено звание профессора по специальности «ботаника». После 1987 г. она в разное время была членом трех диссертационных советов.

Всю свою жизнь Ольга Всеволодовна была не только самоотверженным энтузиастом науки,

но и отзывчивым человеком, помогала многим коллегам и другим знакомым в решении рабочих проблем и просто в трудных жизненных ситуациях.

Уход Ольги Всеволодовны Смирновой – выдающегося вдумчивого ученого, талантливого педагога и популяционного биогеоценолога, увлеченного путешественника и доброго друга – невосполнимая потеря для коллег, друзей и учеников. Мы были счастливы работать вместе с этим замечательным Человеком. Наш журнал сохранит благодарность и светлую память об Ольге Всеволодовне и будет поддерживать в своей работе заложенные ею традиции.

Публикации профессора Смирновой Ольги Всеволодовны

(все публикации в pdf-формате представлены на странице <http://istina.msu.ru/profile/sov1933/>)

1966

1. Смирнова О. В. Ритм роста корневых систем некоторых травянистых растений дубрав // Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел биологический. 1966. Т. 71, вып. 2. С. 54–63.

1967

2. Смирнова О. В. Жизненный цикл пролески сибирской (*Scilla sibirica* Andr.) // Научные доклады высшей школы. Биологические науки. 1967. Вып. 9. С. 76–84.
3. Смирнова О. В. Онтогенез и возрастные группы осоки волосистой (*Carex pilosa* Scop.) и сныти обыкновенной (*Aegopodium podagraria* L.) // Онтогенез и возрастной состав популяций цветковых растений / под ред. проф. А. А. Уранова. М. : Наука, 1967. С. 100–113.
4. Уранов А. А., Воронцова Л. И., Ермакова И. М. [и др.]. Онтогенез и возрастной состав популяций цветковых растений / под ред. проф. А. А. Уранова. М. : Наука, 1967. 156 с.

1968

5. Смирнова О. В. Жизненные циклы, численность и возрастной состав популяций основных компонентов травяного покрова дубрав : автореф. дис. ... канд. биол. наук. М. : МГПИ им. В. И. Ленина, 1968. 17 с.
6. Смирнова О. В. Жизненные циклы, численность и возрастной состав популяций основных компонентов травяного покрова дубрав : дис. ... канд. биол. наук. М. : МГПИ им. В. И. Ленина, 1968. 285 с.
7. Смирнова О. В. Некоторые особенности жизненных циклов вегетативно-подвижных растений // Ученые записки Пермск. гос. пед. ин-та. Вопросы биологии и экологии доминантов и эдификаторов растительных сообществ : материалы I межвуз. конф. по биологии и экологии доминантов естественных и искусственных фитоценозов, Пермь, 21–26 сентября 1967 г. Пермь : Пермский гос. пед. ин-т, 1968. Т. 64. С. 153–158.
8. Смирнова О. В. Численность и возрастной состав популяций некоторых компонентов травяного покрова дубрав // Вопросы морфогенеза цветковых растений и строения их популяций / под ред. проф. А. А. Уранова. М. : Наука, 1968. С. 155–182.
9. Уранов А. А., Былова А. М., Воронцова Л. И. [и др.]. Вопросы морфогенеза цветковых растений и строения их популяций / под ред. проф. А. А. Уранова. М. : Наука, 1968. 234 с.

1969

10. Уранов А. А., Смирнова О. В. Классификация и основные черты развития популяций многолетних растений // Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел биологический. 1969. Т. 74, вып. 1. С. 119–134.

1972

11. Смирнова О. В., Кагарлицкая Т. Н. О двух типах жизненного цикла *Viola mirabilis* L. // Ботанический журнал. 1972. Т. 57, № 5. С. 481–492.
12. Смирнова О. В., Торопова Н. А. Большой жизненный цикл *Galeobdolon luteum* Huds. // Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел биологический. 1972. Т. 77, вып. 1. С. 76–87.

1974

13. Смирнова О. В. Особенности вегетативного размножения травянистых растений дубрав в связи с вопросом самоподдержания популяций // Возрастной состав популяций цветковых растений в связи с их онтогенезом / под ред. проф. А. А. Уранова. М. : МГПИ им. В. И. Ленина, 1974. С. 168–195.

14. Смирнова О. В. Сныть обыкновенная // Биологическая флора Московской области. М. : Изд-во МГУ, 1974. Вып. 1. С. 131–141.
15. Смирнова О. В., Зворыкина К. В. Копытень европейский // Биологическая флора Московской области. М. : Изд-во МГУ, 1974. Вып. 1. С. 41–51.
16. Смирнова О. В., Торопова Н. А. О сходстве жизненных циклов и возрастного состава популяций некоторых длиннокорневищных растений дубрав // Возрастной состав популяций цветковых растений в связи с их онтогенезом / под ред. проф. А. А. Уранова. М. : МГПИ им. В. И. Ленина, 1974. С. 56–69.
17. Уранов А. А., Бахматова М. П., Былова А. М. [и др.]. Возрастной состав популяций цветковых растений в связи с их онтогенезом. Сборник трудов / под ред. проф. А. А. Уранова. М. : МГПИ им. В. И. Ленина, 1974. 216 с.
18. Уранов А. А., Григорьева Н. М., Заугольнова Л. Б. [и др.]. Неравномерность размещения особей как источник познания истории и динамики ценопопуляций // Количественные методы анализа растительности. Уфа : Башкирский филиал ин-та биол., 1974. С. 217–221.

1975

19. Смирнова О. В., Голенкова П. Ф. Зоогенные изменения в травяном покрове Воронежского госзаповедника // Роль животных в функционировании экосистем. М. : Наука, 1975. С. 95–97.
20. Смирнова О. В., Торопова Н. А. Пролесник многолетний // Биологическая флора Московской области. М. : Изд-во МГУ, 1975. Вып. 2. С. 111–123.
21. Смирнова О. В., Черемушкина В. А. Род хохлатка // Биологическая флора Московской области. М. : Изд-во МГУ, 1975. Вып. 2. С. 48–72.
22. Zaugolnova L. B., Smirnova O. V. The Dynamics of plant coenopopulations within time and space // Тезисы докладов, представленных XII Международному ботаническому конгрессу. 3–10 июля 1975 г. Л. : Наука, 1975. С. 176.

1976

23. Воронцова Л. И., Гатцук Л. Е., Егорова В. Н. [и др.]. Ценопопуляции растений (основные понятия и структура) / под ред. проф. А. А. Уранова и Т. И. Серебряковой. М. : Наука, 1976. 217 с.
24. Жукова Л. А., Заугольнова Л. Б., Смирнова О. В. Введение // Ценопопуляции растений (основные понятия и структура) / под ред. проф. А. А. Уранова и Т. И. Серебряковой. М. : Наука, 1976. С. 5–12.
25. Смирнова О. В. Анализ фитоценотической структуры синузии дубравного широколиственного покрова // Структура и динамика растительного покрова. М. : Наука, 1976. С. 75–76.
26. Смирнова О. В. Объем счетной единицы при изучении ценопопуляций растений различных биоморф // Ценопопуляции растений (основные понятия и структура) / под ред. проф. А. А. Уранова и Т. И. Серебряковой. М. : Наука, 1976. С. 72–80.
27. Смирнова О. В., Егорова В. Н., Торопова Н. А. Возрастные спектры ценопопуляций длиннокорневищных растений // Ценопопуляции растений (основные понятия и структура) / под ред. проф. А. А. Уранова и Т. И. Серебряковой. М. : Наука, 1976. С. 146–165.
28. Смирнова О. В., Заугольнова Л. Б., Торопова Н. А., Фаликов Л. Д. Критерии выделения возрастных состояний и особенности хода онтогенеза у растений разных биоморф // Ценопопуляции растений (основные понятия и структура) / под ред. проф. А. А. Уранова и Т. И. Серебряковой. М. : Наука, 1976. С. 14–43.
29. Смирнова О. В., Торопова Н. А. Зеленчук желтый // Биологическая флора Московской области. М. : Изд-во МГУ, 1976. Вып. 3. С. 139–150.
30. Шорина Н. И., Заугольнова Л. Б., Смирнова О. В. Биологические свойства видов и возрастной спектр ценопопуляций // Структура и динамика растительного покрова. М. : Наука, 1976. С. 157–158.
31. Шорина Н. И., Смирнова О. В. Возрастные спектры ценопопуляций некоторых эфемероидов в связи с особенностями их онтогенеза // Ценопопуляции растений (основные понятия и структура) / под ред. проф. А. А. Уранова и Т. И. Серебряковой. М. : Наука, 1976. С. 166–200.

1977

32. Григорьева Н. М., Заугольнова Л. Б., Смирнова О. В. Особенности пространственной структуры ценопопуляций некоторых видов растений // Ценопопуляции растений. Развитие и взаимоотношения. М. : Наука, 1977. С. 20–36.
33. Смирнова О. В. Динамика ценопопуляций на протяжении интервалов времени разного порядка на примере сныти // Ценопопуляции растений. Развитие и взаимоотношения. М. : Наука, 1977. С. 57–74.
34. Уранов А. А., Богданова А. Г., Григорьева Н. М. [и др.]. Ценопопуляции растений. Развитие и взаимоотношения. М. : Наука, 1977. 131 с.

1978

35. Заугольнова Л. Б., Смирнова О. В. Возрастная структура ценопопуляций многолетних растений и ее динамика // Журнал общей биологии. 1978. Т. 39, № 6. С. 849–858.

36. Смирнова О. В. Медуница неясная // Биологическая флора Московской области. М. : Изд-во МГУ, 1978. Вып. 4. С. 179–190.
37. Смирнова О. В. Принципы морфо-функциональной организации различных фитоценофитов на примере неморальных видов // Тезисы докладов VI делегатского съезда Всесоюзного бот. общества. Кишинев, 12–17 сентября 1978 г. Л. : Наука, 1978. С. 131.

1980

38. Смирнова О. В. Осока волосистая // Биологическая флора Московской области. М. : Изд-во МГУ, 1980. Вып. 6. С. 66–74.
39. Смирнова О. В. Осока лесная // Биологическая флора Московской области. М. : Изд-во МГУ, 1980. Вып. 6. С. 58–62.
40. Смирнова О. В. Поведение видов и функциональная организация травяного покрова широколиственных лесов европейской части СССР // Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел биологический. 1980. Т. 85, вып. 5. С. 53–67.
41. Смирнова О. В., Чистякова А. А. Анализ фитоценофитических потенциалов некоторых древесных видов широколиственных лесов европейской части СССР // Журнал общей биологии. 1980. Т. 41, № 3. С. 350–362.
42. Gatzuk L. E., Smirnova O. V., Vorontzova L. I. [et al.]. Age states of plants of various growth forms: a review // Journal of Ecology. 1980. Vol. 68, № 3. P. 675–696.

1981

43. Любченко В. М., Смирнова О. В. Склад биоморф висчих рослин грабового лісу Канівського зановідника // Вісник Київського університету. Біологія. 1981. Вып. 23. С. 99–107.
44. Смирнова О. В., Заугольнова Л. Б. Рецензия на книгу Б. Н. Норина «Структура растительных сообществ восточноевропейской лесотундры» (1979) // Ботанический журнал. 1981. Т. 66, № 3. С. 460–462.

1982

45. Заугольнова Л. Б., Смирнова О. В., Григорьева Н. М. Всесоюзная конференция «Биология, экология и взаимоотношения растений», посвященная памяти А. А. Уранова (27–29 января 1981 г.) // Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел биологический. 1982. Т. 87, вып. 4. С. 136–138.
46. Заугольнова Л. Б., Смирнова О. В., Григорьева Н. М. Всесоюзная конференция «Биология, экология, и взаимоотношения растений», посвященная памяти А. А. Уранова (27–29 января 1981 г.) // Ботанический журнал. 1982. Т. 67, № 12. С. 1701–1705.
47. Смирнова О. В., Чистякова А. А. Анализ поведения некоторых древесных растений широколиственных лесов европейской части СССР // Биология, экология и взаимоотношения ценопопуляций растений : материалы конференции к 80-летию со дня рождения А. А. Уранова (27–29 января 1981 г.). М. : Наука, 1982. С. 52–56.

1983

48. Былова А. М., Жукова Л. А., Заугольнова Л. Б. [и др.]. Основные вопросы популяционной биологии растений // Отражение достижений ботанической науки в учебном процессе естественных факультетов педагогических институтов. Пермь : ПГПИ, 1983. С. 11–14.
49. Смирнова О. В. Поведение видов и функциональная организация травяного покрова широколиственных лесов (на примере равнинных широколиственных лесов европейской части СССР и липняков Сибири) : автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Л. : ЛГУ им. А. А. Жданова, 1983. 27 с.
50. Смирнова О. В. Поведение видов и функциональная организация травяного покрова широколиственных лесов (на примере равнинных широколиственных лесов европейской части СССР и липняков Сибири) : дис. ... д-ра биол. наук. Л. : ЛГУ им. А. А. Жданова, 1983. 685 с.

1984

51. Смирнова О. В., Чистякова А. А., Дробышева Т. И. Ценопопуляционный анализ и прогнозы развития дубово-грабовых лесов УССР // Биогеоэкологические исследования на Украине : тез. докл. III респ. совещ. (18–19 дек. 1984 г.). Львов, 1984. С. 102–103.
52. Смирнова О. В., Чистякова А. А., Истомина И. И. Квасисенильность как одно из проявлений фитоценофитической толерантности растений // Журнал общей биологии. 1984. Т. 45, № 2. С. 216–225.

1985

53. Жукова Л. А., Ермакова И. М., Заугольнова Л. Б. [и др.]. Динамика ценопопуляций растений / под ред. Т. И. Серебряковой. М. : Наука, 1985. 208 с.

54. Жукова Л. А., Заугольнова Л. Б., Смирнова О. В. Заключение // Динамика ценопопуляций растений. М. : Наука, 1985. С. 187–196.
55. Смирнова О. В. Динамика ценопопуляций травянистых растений широколиственных лесов европейской части СССР // Динамика ценопопуляций растений. М. : Наука, 1985. С. 23–36.
56. Смирнова О. В., Тимченко В. Н., Черемушкина В. А. Поведение видов и структура синузиды эфемероидов лесов «Липового острова» // Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел биологический. 1985. Т. 90, вып. 2. С. 3–15.
57. Shorina N. I., Smirnova O. V. The population biology of ephemeroïdes // Handbook of vegetation science. Part. III. The population structure of vegetation / ed. by J. White. Dordrecht : Dr. W. Junk Publishers, 1985. P. 225–240.

1986

58. Заугольнова Л. Б., Жукова Л. А., Ермакова И. М. [и др.]. Изучение структуры и взаимоотношения ценопопуляций. Методические разработки для студентов биологических специальностей. М. : МГПИ им. В. И. Ленина, 1986. 74 с.
59. Смирнова О. В. Выбор счетной единицы // Изучение структуры и взаимоотношения ценопопуляций. Методические разработки для студентов биологических специальностей. М. : МГПИ им. В. И. Ленина, 1986. С. 6–9.
60. Смирнова О. В., Дубонос В. Н. Разработка систем мониторинга и мер управления ходом демутиационных смен в грабовых лесах Каневского заповедника // Проблема охраны генофонда и управления экосистемами в заповедниках лесной зоны : тез. докладов Всесоюзного совещания (23–25 сентября 1986 г. Березинский заповедник). М. : АН СССР, 1986. Ч. 1. С. 194–197.
61. Смирнова О. В., Попадюк Р. В., Митрофанова М. В. Пространственно-временная организация широколиственных лесов и оптимизация их структуры // Общие проблемы биогеоценологии : тез. докладов второго всесоюзного совещания (11–13 ноября 1986 г). Т. 1. М. : АН СССР, 1986. С. 154–156.

1987

62. Диагнозы и ключи возрастных состояний лесных растений. Эфемероиды. Методические разработки для студентов биологических специальностей / под ред. О. В. Смирновой. М. : МГПИ им. В. И. Ленина, 1987. 80 с.
63. Есина И. В., Смирнова О. В. Зубянка луковичная и пятилистная (*Dentaria bulbifera* и *D. quinquefolia*) // Диагнозы и ключи возрастных состояний лесных растений. Эфемероиды. Методические разработки для студентов биологических специальностей. М. : МГПИ им. В. И. Ленина, 1987. С. 63–68.
64. Лазаренко Е. В., Смирнова О. В., Суслова Т. И. Род Гусный лук (*Gagea*) // Диагнозы и ключи возрастных состояний лесных растений. Эфемероиды. Методические разработки для студентов биологических специальностей. М. : МГПИ им. В. И. Ленина, 1987. С. 44–53.
65. Смирнова О. В. Структура травяного покрова широколиственных лесов. М. : Наука, 1987. 208 с.
66. Смирнова О. В., Попадюк Р. В., Митрофанова М. В. Організація в протопі та часі різновікових широколистяних лісових ценозів // Украинский Ботанический журнал. 1987. Т. 44, № 5. С. 43–47.
67. Смирнова О. В., Тимченко В. Н., Черемушкина В. А. Лук победный, черемша (*Allium victorialis*) // Диагнозы и ключи возрастных состояний лесных растений. Эфемероиды. Методические разработки для студентов биологических специальностей. М. : МГПИ им. В. И. Ленина, 1987. С. 13–18.
68. Смирнова О. В., Торопова Н. А. Введение // Диагнозы и ключи возрастных состояний лесных растений. Эфемероиды. Методические разработки для студентов биологических специальностей. М. : МГПИ им. В. И. Ленина, 1987. С. 3–7.
69. Смирнова О. В., Торопова Н. А. Пролеска сибирская и двулистная (*Scilla sibirica* и *S. bifolia*) // Диагнозы и ключи возрастных состояний лесных растений. Эфемероиды. Методические разработки для студентов биологических специальностей. М. : МГПИ им. В. И. Ленина, 1987. С. 35–41.
70. Смирнова О. В., Торопова Н. А. Тюльпан Биберштейна (*Tulipa biebersteiniana*) // Диагнозы и ключи возрастных состояний лесных растений. Эфемероиды. Методические разработки для студентов биологических специальностей. М. : МГПИ им. В. И. Ленина, 1987. С. 53–57.
71. Смирнова О. В., Торопова Н. А. Чистяк весенний (*Ficaria verna*) // Диагнозы и ключи возрастных состояний лесных растений. Эфемероиды. Методические разработки для студентов биологических специальностей. М. : МГПИ им. В. И. Ленина, 1987. С. 18–23.
72. Смирнова О. В., Черемушкина В. А. Род Хохлатка (*Corydalis*) // Диагнозы и ключи возрастных состояний лесных растений. Эфемероиды. Методические разработки для студентов биологических специальностей. М. : МГПИ им. В. И. Ленина, 1987. С. 23–35.
73. Смирнова О. В., Чистякова А. А., Дробышева Т. И. Ценопопуляционный анализ и прогнозы развития дубово-грабовых лесов Украины // Журнал общей биологии. 1987. Т. 48, № 2. С. 200–212.
74. Старостенкова М. М., Смирнова О. В., Черемушкина В. А. Анемоне, ветреница (*Anemone*) // Диагнозы и ключи возрастных состояний лесных растений. Эфемероиды. Методические разработки для студентов биологических специальностей. М. : МГПИ им. В. И. Ленина, 1987. С. 57–63.

1988

75. Жукова Л. А., Смирнова О. В. Элементы популяций и их дифференциация // Ценопопуляции растений (очерки популяционной биологии). М. : Наука, 1988. С. 13–33.
76. Заугольнова Л. Б., Жукова Л. А., Комаров А. С., Смирнова О. В. Ценопопуляции растений (очерки популяционной биологии). М. : Наука, 1988. 184 с.
77. Заугольнова Л. Б., Смирнова О. В. Возрастная структура // Ценопопуляции растений (очерки популяционной биологии). М. : Наука, 1988. С. 64–71.
78. Заугольнова Л. Б., Смирнова О. В. Половая структура популяций // Ценопопуляции растений (очерки популяционной биологии). М. : Наука, 1988. С. 74–75.
79. Заугольнова Л. Б., Смирнова О. В. Популяция как система надорганизменного уровня // Ценопопуляции растений (очерки популяционной биологии). М. : Наука, 1988. С. 5–12.
80. Заугольнова Л. Б., Смирнова О. В. Структура ценопопуляций по размеру элементов // Ценопопуляции растений (очерки популяционной биологии). М. : Наука, 1988. С. 71–73.
81. Смирнова О. В. Типы стратегий у растений // Ценопопуляции растений (очерки популяционной биологии). М. : Наука, 1988. С. 130–137.
82. Смирнова О. В., Попадюк Р. В. Популяционная экология древесных растений и проблемы фитоценологии // Экология популяций : тез. докладов всесоюзного совещания (4–6 октября 1988 г., Новосибирск). М. : ИНИОН АН СССР, 1988. Т. 1. С. 77–79.
83. Смирнова О. В., Попадюк Р. В., Чистякова А. А. Популяционные методы определения минимальной площади лесного ценоза // Ботанический журнал. 1988. Т. 73, № 10. С. 1423–1433.
84. Смирнова О. В., Чистякова А. А. Сохранить естественные дубравы // Природа. 1988. № 3. С. 40–45.
85. Смирнова О. В., Чистякова А. А., Попадюк Р. В. Популяционные методы познания функциональной организации растительного покрова лесных территорий // Перспективы теории фитоценологии : тез. симпозиума (Лаэлату-Пухту, 16–20 мая 1988 г.). Тарту : АН Эстонской ССР, 1988. С. 145–150.

1989

86. Диагнозы и ключи возрастных состояний лесных растений. Деревья и кустарники / под ред. О. В. Смирновой. М. : Изд-во «Прометей» МГПИ им. В. И. Ленина, 1989. 102 с.
87. Жукова Л. А., Заугольнова Л. Б., Смирнова О. В. Системный подход к объектам надорганизменного уровня в экологии // Экология, культура, образование. М. : Изд-во МГПИ им. В. И. Ленина, 1989. С. 124–130.
88. Смирнова О. В., Попадюк Р. В., Чистякова А. А. [и др.]. Методические рекомендации по воспроизводству разновозрастных широколиственных лесов европейской части СССР (на основе популяционного анализа). М. : ВАСХНИЛ, 1989. 19 с.
89. Смирнова О. В., Попадюк Р. В., Чумаченко С. И. [и др.]. Эмпирические подходы и теоретическая модель динамики популяций в лесных сообществах // Результаты фундаментальных исследований по приоритетным научным направлениям лесного комплекса страны : научные труды Московского лесотехнического ин-та. М. : МЛТИ, 1989. Вып. 222. С. 4–22.
90. Смирнова О. В., Чистякова А. А., Попадюк Р. В. Популяционные механизмы динамики лесных ценозов // Научные доклады высшей школы. Биологические науки. 1989. № 11. С. 48–58.
91. Смирнова О. В., Чистякова А. А., Рипа С. И., Лысых Н. И. Популяционная организация буковых лесов Закарпатья // Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел биологический. 1989. Т. 94, вып. 5. С. 78–91.

1990

92. Жукова Л. А., Заугольнова Л. Б., Попадюк Р. В., Смирнова О. В. Критическое состояние популяций растений // Проблемы устойчивости биологических систем: тезисы докладов всесоюзной школы, 15–20 октября 1990 г., г. Севастополь. Харьков : Ин-т им. А. Н. Северцова, 1990. С. 199–201.
93. Заугольнова Л. Б., Смирнова О. В. Организация популяций растений в зависимости от условий среды и антропогенных воздействий // Структурно-функциональная организация и устойчивость биологических систем. Днепропетровск : ДГУ, 1990. С. 6–17.
94. Смирнова О. В., Чистякова А. А., Попадюк Р. В. [и др.]. Популяционная организация растительного покрова лесных территорий (на примере широколиственных лесов европейской части СССР). Пушино : ОНТИ Научный центр биол. исследований АН СССР, 1990. 92 с.

1991

95. Жукова Л. А., Заугольнова Л. Б., Смирнова О. В. Развитие концепции А. А. Уранова в популяционной экологии растений // Популяции растений: принципы организации и проблемы охраны природы. К 90-летию со дня рождения А. А. Уранова : материалы конференции. Йошкар-Ола : Марийский гос. ун-т, 1991. С. 3–6.

96. Заугольнова Л. Б., Смирнова О. В. Рецензия на книгу Б. М. Миркина, Г. С. Розенберг, Л. Г. Наумовой. «Словарь понятий и терминов современной фитоценологии» (1989) // Ботанический журнал. 1991. Т. 76, № 2. С. 301–303.
97. Смирнова О. В., Возняк Р. Р., Евстигнеев О. И. [и др.]. Популяционная диагностика и прогнозы развития заповедных лесных массивов (на примере Каневского заповедника) // Ботанический журнал. 1991. Т. 76, № 6. С. 860–871.
98. Смирнова О. В., Попадюк Р. В., Чернов Н. И., Чумаченко С. И. Популяционная устойчивость лесных сообществ (на примере Калужских засек) // Результаты фундаментальных исследований по приоритетным научным направлениям лесного комплекса страны : научные труды Московского лесотехнического ин-та. М. : МЛТИ, 1991. Вып. 242. С. 30–37.
99. Смирнова О. В., Попадюк Р. В., Яницкая Т. О. Пути восстановления популяционной структуры в демулационном комплексе // Популяции растений: принципы организации и проблемы охраны природы. К 90-летию со дня рождения А. А. Уранова : материалы конференции. Йошкар-Ола : Марийский гос. ун-т, 1991. С. 13–14.
100. Смирнова О. В., Чистякова А. А. Популяционная парадигма лесообразовательного процесса // Теория лесообразовательного процесса : тез. докл. всесоюзного совещания. Красноярск : Институт леса и древесины АН СССР, 1991. С. 150–151.
101. Ханина Л. Г., Губанов В. С., Заугольнова Л. Б. [и др.]. Экспертная система экологической оценки территории на основе анализа сукцессионной нарушенности фитоценозов // Популяции растений: принципы организации и проблемы охраны природы. К 90-летию со дня рождения А. А. Уранова : материалы конференции. Йошкар-Ола : Марийский гос. ун-т, 1991. С. 98–99.
102. Ханина Л. Г., Заугольнова Л. Б., Смирнова О. В. [и др.]. База данных геоботанических описаний на ЭВМ (предложения по стандартизации) // Популяции растений: принципы организации и проблемы охраны природы. К 90-летию со дня рождения А. А. Уранова : материалы конференции. Йошкар-Ола : Марийский гос. ун-т, 1991. С. 98.

1992

103. Заугольнова Л. Б., Жукова Л. А., Попадюк Р. В., Смирнова О. В. Критическое состояние ценопопуляций растений // Проблемы устойчивости биологических систем. М. : Наука, 1992. С. 51–59.
104. Смирнова О. В., Заугольнова Л. Б., Попадюк Р. В. Диагностика сукцессионного состояния лесных ценозов // Экологические исследования в Москве и Московской области. Состояние растительного покрова. Охрана природы. М. : Ин-т научной информации по общественным наукам РАН (ИНИОН РАН), 1992. С. 200–207.
105. Смирнова О. В., Попадюк Р. В., Яницкая Т. О., Коротков В. Н. Пути восстановления популяционной структуры и видового разнообразия в лесных демулационных комплексах // Научные доклады высшей школы. Биологические науки. 1992. № 5. С. 7–25.

1993

106. Заугольнова Л. Б., Смирнова О. В., Комаров А. С., Ханина Л. Г. Мониторинг фитопопуляций // Успехи современной биологии. 1993. Т. 113, № 4. С. 402–414.
107. Попадюк Р. В., Смирнова О. В., Агафонова А. А., Баринаева М. А. Прогноз изменений лесной растительности и способы сохранения экологических функций заповедника // Леса Русской равнины : тезисы докладов совещания (16–18 ноября 1993 г.). М. : ИНИОН РАН, 1993. С. 156–159.
108. Смирнова О. В., Заугольнова Л. Б., Попадюк Р. В. Новая парадигма в лесной экологии как основа для организации мониторинга, прогнозирования и оценки степени деградации лесных массивов // Леса Русской равнины : тезисы докладов совещания (16–18 ноября 1993 г.). М. : ИНИОН РАН, 1993. С. 198–201.
109. Смирнова О. В., Заугольнова Л. Б., Попадюк Р. В. Популяционная концепция в биоценологии // Журнал общей биологии. 1993. Т. 54, № 4. С. 438–448.
110. Смирнова О. В., Чумаченко С. И. Основные понятия популяционной организации лесных ценозов, используемые в моделировании // Вопросы экологии и моделирования лесных экосистем : научные труды Московского лесотехнического ин-та. М. : Московский лесотехнический ин-т, 1993. Вып. 248. С. 110–135.
111. Ханина Л. Г., Смирнова О. В., Попадюк Р. В., Грабарник П. Я. Моделирование сукцессионной динамики методом нейронных сетей // Совещание «Леса Русской равнины» : тезисы докладов 16–18 ноября 1993 г. М. : ИНИОН РАН, 1993. С. 227–230.

1994

112. Восточноевропейские широколиственные леса / под ред. О. В. Смирновой. М. : Наука, 1994. 364 с.
113. Жукова Л. А., Ведерникова О. П., Смирнова О. В. [и др.]. Методические указания к спецкурсу «Популяционная экология растений». Йошкар-Ола : Марийский гос. ун-т, 1994. 100 с.
114. Попадюк Р. В., Смирнова О. В., Яницкая Т. Ю., Ханина Л. Г. Флористический и эколого-ценотический анализ широколиственных лесов // Восточноевропейские широколиственные леса. М. : Наука, 1994. С. 30–48.

115. Смирнова О. В. Введение // Восточноевропейские широколиственные леса. М. : Наука, 1994. С. 3–6.
116. Смирнова О. В. Заключение // Восточноевропейские широколиственные леса. М. : Наука, 1994. С. 332–334.
117. Смирнова О. В. Синузальная организация устойчивого лесного фитоценоза // Восточноевропейские широколиственные леса. М. : Наука, 1994. С. 224–227.
118. Смирнова О. В., Киселева Л. Л. Изменение видового состава и распространения Восточноевропейских широколиственных лесов в голоцене по споропыльцевым и археологическим данным // Восточноевропейские широколиственные леса. М. : Наука, 1994. С. 7–29.
119. Смирнова О. В., Торопова Н. А. Эколого-демографическая характеристика синузий трав // Восточноевропейские широколиственные леса. М. : Наука, 1994. С. 171–190.

1995

120. Заугольнова Л. Б., Попадюк Р. В., Смирнова О. В., Ханина Л. Г. Оценка потерь биоразнообразия лесной растительности в условиях антропогенного ландшафта // Биологическое разнообразие лесных экосистем. М. : Международный ин-т леса, 1995. С. 247–249.
121. Заугольнова Л. Б., Ханина Л. Г., Комаров А. С. [и др.]. Информационно-аналитическая система для оценки сукцессионного состояния лесных сообществ. Препринт. Пущино : Пущинский научный центр Российской АН, 1995. 51 с.
122. Смирнова О. В., Попадюк Р. В., Торопова Н. А., Ханина Л. Г. Реконструкция потенциального биологического разнообразия на основе анализа фито- и зоогенных популяционных мозаик // Биологическое разнообразие лесных экосистем. М. : Международный ин-т леса, 1995. С. 43–44.
123. Popadyuk R. V., Smirnova O. V., Evstigneev O. I. [et al.]. Current state of broad-leaved forests in Russia, Belorussia, Ukraine: historical development, biodiversity, structure and dynamic. Pushchino : PRC RAS, 1995. 74 p.
124. Smirnova O. V., Chistyakova A. A., Zaugolnova L. B. [et al.]. Ontogenic conception of the structure and functioning of tree // The Tree : abstract of Third International Congress. Montpellier : Institut de Botanique France, 1995. P. 42.
125. Smirnova O. V., Popadyuk R. V., Evstigneev O. I. [et al.]. Current state of coniferous-broad-leaves forests in Russia and Ukraine: historical development biodiversity, dynamic. Pushchino : PRC RAS, 1995. 77 p.

1996

126. Заугольнова Л. Б., Смирнова О. В., Попадюк Р. В. Концепция иерархического континуума и современное представление о климаксе // Популяции и сообщества растений: экология, биоразнообразие, мониторинг : тезисы докладов V науч. конф. памяти проф. А. А. Уранова (16–19 октября 1996 г.). Кострома : КГУ им. Н. А. Некрасова, 1996. Ч. 1. С. 29–30.
127. Смирнова О. В., Торопова Н. А. Популяционная мозаика средопреобразователей и структура лесных и степных биогеоценозов // Популяции и сообщества растений: экология, биоразнообразие, мониторинг : тезисы докладов V науч. конф. памяти проф. А. А. Уранова (16–19 октября 1996 г.). Кострома : КГУ им. Н. А. Некрасова, 1996. Ч. 1. С. 49–50.

1997

128. Жукова Л. А., Смирнова О. В., Заугольнова Л. Б. [и др.]. Онтогенетический атлас лекарственных растений : учеб. пособие / под ред. Л. А. Жуковой. Йошкар-Ола : Марийский гос. ун-т, 1997. 240 с.
129. Смирнова О. В. Концепция популяционной организации биогеоценотического покрова (на примере лесных территорий) // Флора и растительность Средней России. Орел : Орл. госуниверситет, 1997. С. 84–85.
130. Смирнова О. В., Попадюк Р. В., Заугольнова Л. Б., Ханина Л. Г. Оценка потерь флористического разнообразия в лесной растительности (на примере заповедника «Калужские засеки») // Лесоведение. 1997. № 2. С. 27–42.
131. Смирнова О. В., Торопова Н. А. Онтогенез чистяка весеннего (*Ficaria verna* Huds.) // Онтогенетический атлас лекарственных растений : учеб. пособие. Йошкар-Ола : Марийский гос. ун-т, 1997. С. 150–154.
132. Смирнова О. В., Черемушкина В. А. Онтогенез рода Хохлатка (*Coridalis* L.), секция *Pes-gallinaceus* Irmisch // Онтогенетический атлас лекарственных растений : учеб. пособие. Йошкар-Ола : Марийский гос. ун-т, 1997. С. 142–145.
133. Тимонин А. К., Пименов М. Г., Смирнова О. В. [и др.]. Памяти Татьяны Валентиновны Кузнецовой // Ботанический журнал. 1997. Т. 82, № 4. С. 138–142.

1998

134. Заугольнова Л. Б., Смирнова О. В., Попадюк Р. В. Онтогенез и экология популяций деревьев // Экология и генетика популяций. Йошкар-Ола : Периодика, 1998. С. 48–58.
135. Коротков В. Н., Смирнова О. В., Аксенов Д. Е. Сукцессионное состояние старовозрастных лесов северной Карелии // Роль девственной наземной биоты в современных условиях глобальных изменений окружающей среды: биотическая регуляция окружающей среды : доклады Междунар. семинара (г. Петрозаводск, 12–16 октября 1998 г.). Гатчина : Петрозаводский гос. ун-т, 1998. С. 204–206.

136. Смирнова О. В. Восточноевропейская тайга: доисторический и современный облик // Роль девственной наземной биоты в современных условиях глобальных изменений окружающей среды: биотическая регуляция окружающей среды : доклады Междунар. семинара (г. Петрозаводск, 12–16 октября 1998 г.). Гатчина : Петрозаводский гос. ун-т, 1998. С. 272–273.
137. Смирнова О. В. Популяции ключевых видов как создатели гетерогенной среды // Жизнь популяций в гетерогенной среде. Йошкар-Ола : Марийский гос. ун-т, 1998. Кн. 1. С. 168–178.
138. Смирнова О. В. Популяционная организация биоценологического покрова лесных ландшафтов // Успехи современной биологии. 1998. Т. 118, № 2. С. 148–165.
139. Смирнова О. В., Коротков В. Н. Восточноевропейская тайга: доисторический и современный облик // Проблемы ботаники на рубеже XX–XXI веков : тезисы докладов, представленных II (X) съезду Русского ботанического общества (г. Санкт-Петербург, 26–29 мая 1998 г.). СПб. : Бот. ин-т РАН, 1998. Т. 1. С. 308–309.
140. Smirnova O. V. The role of key species in preserving forest biodiversity // Russian Conservation News. 1998. № 15. P. 17–18.
141. Popadiouk R., Khanina L., Martin R. [et al.]. Ecosystem Forestry in the Serpukhov District // In: Proceedings of an Environmental Policy and Planning Workshop held at Pushchino State University, March 17–21, 1997. Pullman : Washington State University, 1998.

1999

142. Веселова Е. М., Евстигнеев О. И., Заугольнова Л. Б. [и др.]. Критерии и методы формирования экологической сети природных территорий. 2-е изд. М. : Центр охраны дикой природы СоЭС, 1999. Вып. 1. 48 с.
143. Попадюк Р. В., Прудников Е. А., Морозов А. Ю. [и др.]. Заповедный лесной участок «Сабарский» // Сукцессионные процессы в заповедниках России и проблемы сохранения биологического разнообразия. СПб. : Российское бот. об-во, 1999. С. 420–468.
144. Попадюк Р. В., Смирнова О. В., Заугольнова Л. Б. [и др.]. Заповедник «Калужские засеки» // Сукцессионные процессы в заповедниках России и проблемы сохранения биологического разнообразия. СПб. : Российское бот. об-во, 1999. С. 58–105.
145. Смирнова О. В. Предисловие редактора к книге О. И. Евстигнеева и др. «Биогеоценологический покров Неруссо-Деснянского полей: механизмы поддержания биологического разнообразия». Брянск : Заповедник «Брянский лес», 1999. С. 3–4.
146. Смирнова О. В. Приокско-Террасный заповедник. Краткая характеристика природных условий и методика исследований // Сукцессионные процессы в заповедниках России и проблемы сохранения биологического разнообразия. СПб. : Российское бот. об-во, 1999. С. 236–237.
147. Смирнова О. В., Бобровский М. В., Коротков В. Н., Ханина Л. Г. Реконструкция истории биоценологического покрова Восточной Европы и проблема поддержания биологического разнообразия // Лесной бюллетень. 1999. № 2 (11). С. 3–11.
148. Смирнова О. В., Заугольнова Л. Б., Попадюк Р. В. Концепция иерархического континуума как основа для анализа сукцессионных процессов и разработки методов сохранения биоразнообразия // Сукцессионные процессы в заповедниках России и проблемы сохранения биологического разнообразия. СПб. : Российское бот. об-во, 1999. С. 14–26.
149. Смирнова О. В., Заугольнова Л. Б., Попадюк Р. В. Методические подходы и методы оценки изменения биоразнообразия в ходе сукцессий // Сукцессионные процессы в заповедниках России и проблемы сохранения биологического разнообразия. СПб. : Российское бот. об-во, 1999. С. 26–34.
150. Смирнова О. В., Попадюк Р. В. Приокско-Террасный заповедник. Экологический и демографический анализ растительных сообществ заповедника // Сукцессионные процессы в заповедниках России и проблемы сохранения биологического разнообразия. СПб. : Российское бот. об-во, 1999. С. 254–264.
151. Смирнова О. В., Попадюк Р. В., Ханина Л. Г. [и др.]. Приокско-Террасный заповедник. Биоэкологическая и демографическая характеристика территориальных контуров растительности // Сукцессионные процессы в заповедниках России и проблемы сохранения биологического разнообразия. СПб. : Российское бот. об-во, 1999. С. 271–295.
152. Смирнова О. В., Торопова Н. А., Славгородский А. В. [и др.]. О находке *Dictamnus gymnostylis* Stev. в Воронинском заповеднике (Тамбовская обл.) // Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел биологический. 1999. Т. 104. Вып. 6. С. 65.
153. Смирнова О. В., Шапошников Е. С. Введение // Сукцессионные процессы в заповедниках России и проблемы сохранения биологического разнообразия. СПб. : Российское бот. об-во, 1999. С. 11–13.
154. Сукцессионные процессы в заповедниках России и проблемы сохранения биологического разнообразия / под ред. О. В. Смирновой и Е. С. Шапошникова. СПб. : Российское бот. об-во, 1999. 549 с.
155. Smirnova O. V., Chistyakova A. A., Zaugolnova L. B. [et al.]. Ontogeny of a tree // Ботанический журнал. 1999. Т. 84, № 12. С. 8–20.

2000

156. Заугольнова Л. Б., Смирнова О. В. Введение // Оценка и сохранение биоразнообразия лесного покрова в заповедниках Европейской России / под ред. Л. Б. Заугольновой. М. : Научный мир, 2000. С. 7–8.

157. Заугольнова Л. Б., Смирнова О. В. Выбор системы иерархических единиц для анализа биоразнообразия. Методические подходы к оценке биоразнообразия лесного покрова // Оценка и сохранение биоразнообразия лесного покрова в заповедниках Европейской России / под ред. Л. Б. Заугольновой. М. : Научный мир, 2000. С. 27–30.
158. Заугольнова Л. Б., Смирнова О. В. Современные представления о структуре и динамике растительного покрова как основа для разработки методов сохранения биоразнообразия // Оценка и сохранение биоразнообразия лесного покрова в заповедниках Европейской России / под ред. Л. Б. Заугольновой. М. : Научный мир, 2000. С. 9–14.
159. Оценка и сохранение биоразнообразия лесного покрова в заповедниках Европейской России / под ред. Л. Б. Заугольновой. М. : Научный мир, 2000. 196 с.
160. Смирнова О. В. Популяционная организация биогеоценотического покрова лесных территорий // Оценка и сохранение биоразнообразия лесного покрова в заповедниках Европейской России / под ред. Л. Б. Заугольновой. М. : Научный мир, 2000. С. 14–22.
161. Смирнова О. В. Прогнозы изменения биоразнообразия растительных фитоценозов. Приокско-Террасный заповедник // Оценка и сохранение биоразнообразия лесного покрова в заповедниках Европейской России / под ред. Л. Б. Заугольновой. М. : Научный мир, 2000. С. 100–103.
162. Смирнова О. В. Система репродукции на примере синузидов трав в лиственных лесах // Эмбриология цветковых растений. Терминология и концепции. Т. 3. Системы репродукции. СПб. : Мир и семья, 2000. С. 439–442.
163. Смирнова О. В., Бобровский М. В. Воздействие производящего хозяйства на состав и структуру лесного покрова // Оценка и сохранение биоразнообразия лесного покрова в заповедниках Европейской России / под ред. Л. Б. Заугольновой. М. : Научный мир, 2000. С. 22–26.
164. Смирнова О. В., Торопова Н. А. Оценка сукцессионного состояния сообществ и прогноз изменения видового разнообразия заповедника. Заповедник Воронинский // Оценка и сохранение биоразнообразия лесного покрова в заповедниках Европейской России / под ред. Л. Б. Заугольновой. М. : Научный мир, 2000. С. 165–172.
165. Смирнова О. В., Торопова Н. А., Пчелинцева О. В., Шепелева С. А. Оценка биоразнообразия растительного покрова заповедника. Заповедник Воронинский // Оценка и сохранение биоразнообразия лесного покрова в заповедниках Европейской России / под ред. Л. Б. Заугольновой. М. : Научный мир, 2000. С. 155–165.
166. Смирнова О. В., Ханина Л. Г., Заугольнова Л. Б. Методологические и методические подходы к исследованию лесного покрова охраняемых территорий (на примере Восточноевропейских широколиственных лесов и лесостепи) // Ботанические, почвенные и ландшафтные исследования в заповедниках Центрального Черноземья : труды ассоциации особо охраняемых природных территорий Центрального Черноземья России. Тула : Центрально-Черноземный гос. заповедник, 2000. Вып. 1. С. 206–212.
167. Smirnova O. V., Zaigol'nova L. B., Istomina I. I., Khanina L. G. Population mosaic cycles in forest ecosystems // Proceedings IAVS Symposium, 2000, IAVS, Opulus Press Uppsala, 2000. P. 108–112.
168. Smirnova O. V. Tail-herb spruce-fir forests as refuge of biological diversity of boreal forests // Disturbance Dynamics in Boreal Forests: Restoration and management of biodiversity. Kuhmo, Finland, August 21–25, 2000. Helsinki : Yliopistopaino, 2000. P. 50.

2001

169. Исаев А. С., Носова Л. М., Смирнова О. В., Заугольнова Л. Б. Стратегия сохранения биоразнообразия лесов России // Биоразнообразие Европейского Севера: теоретические основы изучения, социально-правовые аспекты использования и охраны. Петрозаводск : Институт биологии Карельского научного центра РАН, 2001. С. 341–342.
170. Носова Л. М., Смирнова О. В., Заугольнова Л. Б. Мониторинг и сохранение биоразнообразия лесов России // Современные проблемы биоиндикации и Биомониторинга : тезисы XI Междунар. симпозиума по биоиндикаторам (г. Сыктывкар, 17–21 ноября 2001 г.). Сыктывкар : Коми НЦ УрО РАН, 2001. С. 141–142.
171. Смирнова О. В. Восточноевропейские таежные леса: доисторический и современный облик // Труды Междунар. конф. по фитоценологии и систематике высших растений, посвящ. 100-летию со дня рождения А. А. Уранова. М. : МПГУ, 2001. С. 158–160.
172. Смирнова О. В. Развитие концепции климакса и сукцессий с популяционных позиций // Актуальные проблемы геоботаники. Современные направления исследований в России: методология, методы и способы обработки материалов. Школа-конференция (22–26 октября 2001 г.). Петрозаводск : ПетрГУ, 2001. С. 35–38.
173. Смирнова О. В., Бобровский М. В. Онтогенез дерева и его отражение в структуре и динамике растительного и почвенного покрова // Экология. 2001. № 3. С. 177–181.
174. Смирнова О. В., Бобровский М. В., Ханина Л. Г. Оценка и прогноз сукцессионных процессов в лесных ценозах на основе демографических методов // Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел биологический. 2001. Т. 106, вып. 5. С. 25–33.
175. Смирнова О. В., Калякин В. Н., Турубанова С. А., Бобровский М. В. Современная зональность Восточной Европы как результат преобразования позднеплейстоценового комплекса ключевых видов // Мамонт и его окружение: 200 лет изучения. М. : Геос, 2001. С. 200–208.
176. Смирнова О. В., Коротков В. Н. Старовозрастные леса Пяозерского лесхоза северо-западной Карелии // Ботанический журнал. 2001. Т. 86, № 1. С. 98–109.

177. Смирнова О. В., Турубанова С. А., Бобровский М. В. [и др.]. Реконструкция истории биоценотического покрова Восточной Европы и проблема поддержания биологического разнообразия // Успехи современной биологии. 2001. № 2. С. 144–159.
178. Уткин А. И., Рысин Л. П., Смирнова О. В. [и др.]. Памяти Тихона Александровича Работнова (1904–2000) // Лесоведение. 2001. № 3. С. 76–78.
179. Isaev A. S., Nosova L. M., Smirnova O. V., Zaugol'nova L. B. The strategy of biodiversity conservation of Russian forests // Biodiversity of the European North (theoretical basis of the study, socio-legal aspects of the use and conservation) : abstracts, presented to the International conference (September 3–7, 2001, Petrozavodsk). Petrozavodsk : Institute of Biology, Karelian Research Centre of RAS, 2001. P. 244–245.
180. Nosova L. M., Smirnova O. V., Zaugolnova L. B. Monitoring and conservation of Russian forest biodiversity // Problems of today in bioindication and biomonitoring : abstracts, presented to the XI International symposium on bioindicators (Syktyvkar, 2001, September 17–21). Syktyvkar : Institute of Biology, Ural Research Centre of RAS, 2001. P. 327–328.
181. Smirnova O. V., Bobrovskii M. V. Tree Ontogeny and Its Reflection in the Structure and Dynamics of Plant and Soil Covers // Russian Journal of Ecology. 2001. Vol. 32, № 3. P. 159–163.

2002

182. Смирнова О. В., Заугольнова Л. Б., Ханина Л. Г. [и др.]. Популяционные и фитоценотические методы анализа биоразнообразия растительного покрова // Сохранение и восстановление биоразнообразия : учеб. пособие. М. : Изд-во НУМЦ, 2002. С. 145–194.
183. Смирнова О. В., Турубанова С. А. Формирование и развитие Восточноевропейских широколиственных лесов в голоцене // Бюл. Самарская Лука. 2002. № 12. С. 5–19.
184. Смирнова О. В., Ханина Л. Г., Бобровский М. В. [и др.]. Руководство по полевой практике. Методы сбора и первичного анализа геоботанических и демографических данных // Сохранение и восстановление биоразнообразия : учеб. пособие. М. : Изд-во НУМЦ, 2002. С. 109–144.
185. Смирнова О. В., Ханина Л. Г., Бобровский М. В., Турубанова С. А. Восточноевропейская тайга: современное состояние и генезис // Популяция, сообщество, эволюция. Казань : Новое Знание, 2002. Ч. 2. С. 211–227.
186. Смирнова О. В., Паленова М. М., Комаров А. С. Онтогенез растений разных жизненных форм и особенности возрастной и пространственной структуры их популяций // Онтогенез. 2002. Т. 33, № 1. С. 5–15.
187. Smirnova O. V., Palenova M. M., Komarov A. S. Ontogeny of different life forms of plants and specific features of age and spatial structure of their populations // Russian Journal of Developmental Biology. 2002. Vol. 33, № 1. P. 5–15.

2003

188. Смирнова О. В., Турубанова С. А. Формирование и развитие Восточноевропейских широколиственных лесов в голоцене // Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел биологический. 2003. Т. 108, вып. 2. С. 32–40.
189. Komarov A. S., Palenova M. M., Smirnova O. V. The concept of discrete description of plant ontogenesis and cellular automata models of plant populations // Ecological Modelling. 2003. Vol. 170. P. 427–439.

2004

190. Агафонова А. А., Шорина Н. И., Смирнова О. В. [и др.]. Краткая характеристика популяционной биологии константных видов травяного покрова // Восточноевропейские леса: история в голоцене и современность. М. : Наука, 2004. Кн. 1. С. 224–256.
191. Восточноевропейские леса: история в голоцене и современность / под ред. О. В. Смирновой. М. : Наука, 2004. Кн. 1. 479 с.
192. Восточноевропейские леса: история в голоцене и современность / под ред. О. В. Смирновой. М. : Наука, 2004. Кн. 2. 575 с.
193. Жукова Л. А., Смирнова О. В., Комаров А. С. [и др.]. Заключение // Принципы и способы сохранения биоразнообразия : сб. материалов Всерос. науч. конф. (18–24 сентября 2004 г.). Йошкар-Ола : Марийский гос. ун-т, 2004. С. 280–281.
194. Смирнова О. В. Общая характеристика сукцессионных процессов в полосе неморально-бореальных лесов // Восточноевропейские леса: история в голоцене и современность. М. : Наука, 2004. Кн. 2. С. 108–118.
195. Смирнова О. В. Общая характеристика сукцессионных процессов в полосе неморальных лесов // Восточноевропейские леса: история в голоцене и современность. М. : Наука, 2004. Кн. 2. С. 236–245.
196. Смирнова О. В. Заключение // Восточноевропейские леса: история в голоцене и современность. М. : Наука, 2004. Кн. 2. С. 531–536.
197. Смирнова О. В. Методологические подходы и методы оценки климаксового и сукцессионного состояния лесных экосистем (на примере Восточноевропейских лесов) // Лесоведение. 2004. № 3. С. 15–27.
198. Смирнова О. В. Популяционная организация ненарушенного биогеоценотического покрова лесных территорий лесного пояса Восточной Европы // Восточноевропейские леса: история в голоцене и современность. М. : Наука, 2004. Кн. 1. С. 25–43.

199. Смирнова О. В. Предисловие редактора // Восточноевропейские леса: история в голоцене и современность. М. : Наука, 2004. Кн. 1. С. 11–15.
200. Смирнова О. В. Предисловие редактора // Восточноевропейские леса: история в голоцене и современность. М. : Наука, 2004. Кн. 2. С. 11–12.
201. Смирнова О. В. Природная организация биогеоценотического покрова лесного пояса Восточной Европы. Теоретические представления биогеоценологии и популяционной биологии // Восточноевропейские леса: история в голоцене и современность. М. : Наука, 2004. Кн. 1. С. 14–25.
202. Смирнова О. В. Современные представления о сукцессиях и климат как основа для разработки систем методов по сохранению и восстановлению биологического разнообразия // Принципы и способы сохранения биоразнообразия : сб. материалов Всерос. науч. конф. (18–24 сентября 2004 г.). Йошкар-Ола : Марийский гос. ун-т, 2004. С. 28–29.
203. Смирнова О. В. Структура лесной катены в эрозионном типе ландшафта в зоне лесостепи на покровных суглинках (Теллермановское опытное лесничество) // Восточноевропейские леса: история в голоцене и современность. М. : Наука, 2004. Кн. 2. С. 194–199.
204. Смирнова О. В., Бобровский М. В. Дуб-кочевник // Природа. 2004. № 12. С. 26–30.
205. Смирнова О. В., Бобровский М. В., Турубанова С. А., Калякин В. Н. Современная зональность Восточной Европы как результат природного и антропогенного преобразования позднеплейстоценового комплекса ключевых видов // Восточноевропейские леса: история в голоцене и современность. М. : Наука, 2004. Кн. 1. С. 134–147.
206. Смирнова О. В., Коротков В. Н., Бобровский М. В., Ханина Л. Г. Основные варианты позднесукцессионных разновозрастных бореальных лесов // Восточноевропейские леса: история в голоцене и современность. М. : Наука, 2004. Кн. 2. С. 376–383.
207. Смирнова О. В., Торопова Н. А. Основные черты популяционной биологии растений (эдификаторов и ассектаторов) современного лесного пояса. Общие представления популяционной биологии и экологии растений // Восточноевропейские леса: история в голоцене и современность. М. : Наука, 2004. Кн. 1. С. 154–164.
208. Смирнова О. В., Турубанова С. А. Изменение видового состава и распространения ключевых видов деревьев (эдификаторов) лесного пояса с конца плейстоцена до позднего голоцена // Восточноевропейские леса: история в голоцене и современность. М. : Наука, 2004. Кн. 1. С. 118–134.
209. Смирнова О. В., Ханина Л. Г., Смирнов В. Э. Эколого-ценотические группы в растительном покрове лесного пояса Восточной Европы // Восточноевропейские леса: история в голоцене и современность. М. : Наука, 2004. Кн. 1. С. 165–175.
210. Khanina L. G., Bobrovsky M. V., Smirnova O. V. Old-growth spruce and spruce-fir forests in middle and north taiga of European Russia // Disturbance Dynamics in Boreal Forests: Abstracts of the V International Conference, Dubna, Russia, August 1–5, 2004. Moscow, 2004. P. 24.

2005

211. Комаров А. С., Заугольнова Л. Б., Паленова М. М. [и др.]. Жукова Людмила Алексеевна // Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел биологический. 2005. Т. 110, вып. 1. С. 79–80.
212. Bobrovsky M., Khanina L., Smirnova O. Tall herb spruce-fir forests as a refuge for boreal forest plant diversity // 17th International Botanical Congress. July 2005. Vienna, Austria. Vienna : Robidruck, 2005. P. 567.

2006

213. Смирнова О. В., Коротков В. Н. Возрастное состояние особи // Энциклопедия лесного хозяйства. М. : ВНИИЛМ, 2006. Т. 1. С. 111–112.
214. Смирнова О. В., Коротков В. Н. Динамика популяций // Энциклопедия лесного хозяйства. М. : ВНИИЛМ, 2006. Т. 1. С. 197.
215. Смирнова О. В. Закономерности изменения таксономического и структурного разнообразия бореальных лесных экосистем в ходе автогенных сукцессий // Принципы и способы сохранения биоразнообразия : сб. материалов II Всерос. науч. конф. Йошкар-Ола : Марийский гос. ун-т, 2006. С. 21–22.
216. Смирнова О. В., Коротков В. Н. Онтогенез дерева // Энциклопедия лесного хозяйства. М. : ВНИИЛМ, 2006. Т. 2. С. 74–76.
217. Смирнова О. В., Коротков В. Н. Популяционная стратегия // Энциклопедия лесного хозяйства. М. : ВНИИЛМ, 2006. Т. 2. С. 158.
218. Смирнова О. В., Коротков В. Н. Эдификаторы // Энциклопедия лесного хозяйства. М. : ВНИИЛМ, 2006. Т. 2. С. 378–379.
219. Смирнова О. В., Бакун Е. Ю., Турубанова С. А. Представление о потенциальном и восстановленном растительном покрове лесного пояса Восточной Европы // Лесоведение. 2006. № 1. С. 22–33.
220. Смирнова О. В., Бобровский М. В., Ханина Л. Г., Смирнов В. Э. Сукцессионный статус старовозрастных темнохвойных лесов Европейской России // Успехи современной биологии. 2006. № 1. С. 26–48.
221. Смирнова О. В., Калякин В. Н., Турубанова С. А., Бакун Е. Ю. Генезис восточноевропейской тайги в голоцене // Закономерности вековой динамики биогеоценозов. XXI чтения памяти академика В. Н. Сукачева. М. : Товарищество научных изданий КМК, 2006. С. 18–65.

222. Смирнова О. В., Паленова М. М., Комаров А. С. [и др.]. Творческий путь Людмилы Алексеевны Жуковой // Жукова Людмила Алексеевна: библиографический указатель. Йошкар-Ола : Марийский гос. ун-т, 2006. Вып. 6. С. 4–15.
223. Смирнова О. В., Торопова Н. А. Собственное время и пространство биосистем как проявление поливариантности // Поливариантность развития организмов, популяций и сообществ. Йошкар-Ола : Марийский гос. ун-т, 2006. С. 32–43.
224. Smirnova O., Zaugolnova L., Khanina L. [et al.]. FORUS – database on geobotanic relevés of European Russian forests // Mathematical biology and bioinformatics : proc. 1st Int. conf. Pushchino. Moscow : MAKSS Press, 2006. P. 150–151.

2007

225. Смирнова О. В., Бобровский М. В., Ханина Л. Г., Смирнов В. Э. Биоразнообразие и сукцессионный статус темнохвойных лесов Шежимопечорского и Большепорожного ботанико-географических районов Печоро-Илычского заповедника // Труды Печоро-Илычского заповедника. 2007. Вып. 15. С. 28–47.
226. Смирнова О. В., Торопова Н. А. Популяционная концепция в фитоценологии и проблема сукцессий и климакса // Актуальные проблемы геоботаники : III Всерос. школа-конференция. Лекции. Петрозаводск : Карельский научный центр РАН, 2007. С. 302–319.
227. Смирнова О. В., Торопова Н. А. Собственное пространство и время биосистем // Пространство и время: физическое, психологическое, мифологическое : сб. тр. V Междунар. конф. М. : Культурный центр «Новый Акрополь», 2007. С. 103–115.

2008

228. Заугольнова Л. Б., Смирнова О. В., Потапов П. В., Турубанова С. А. Экосистемное разнообразие лесного покрова на основе эколого-флористической классификации // Мониторинг биологического разнообразия лесов России: методология и методы. М. : Наука, 2008. С. 112–130.
229. Исаев И. С., Носова Л. М., Смирнова О. В. [и др.]. Мониторинг биологического разнообразия лесов России: методология и методы. М. : Наука, 2008. 453 с.
230. Смирнова О. В. Некоторые аспекты формирования и развития Евразийской тайги // Фундаментальные и прикладные проблемы ботаники в начале XXI века. Геоботаника : материалы Всерос. конф. (г. Петрозаводск, 22–27 сентября 2008 г.). Петрозаводск : Карельский научный центр РАН, 2008. Ч. 5. С. 289–292.
231. Смирнова О. В., Бобровский М. В. Структурно-динамическая организация лесных экосистем // Мониторинг биологического разнообразия лесов России: методология и методы. М. : Наука, 2008. С. 58–70.
232. Смирнова О. В., Лукина Н. В., Бобровский М. В. Основные варианты сукцессий в лесном покрове европейской России // Мониторинг биологического разнообразия лесов России: методология и методы. М. : Наука, 2008. С. 225–257.
233. Смирнова О. В., Проказина Т. С. Потенциальный, восстановленный и современный биоценотический покров: механизмы поддержания биоразнообразия // Принципы и способы сохранения биоразнообразия : материалы III Всерос. науч. конф. Йошкар-Ола : Марийский гос. ун-т, 2008. С. 36–38.
234. Смирнова О. В., Торопова Н. А. Многотысячелетняя история взаимоотношений человека и природы на Русской равнине: гармоничное развитие или деградация? // Пространство и время: физическое, психологическое, мифологическое : сб. тр. VI Междунар. конф. (25–26 мая 2007 г.). М. : Культурный центр «Новый Акрополь», 2008. С. 142–150.
235. Смирнова О. В., Торопова Н. А. Сукцессия и климакс как экосистемный процесс // Успехи современной биологии. 2008. Т. 128, № 2. С. 129–144.
236. Смирнова О. В., Турубанова С. А., Бакун Е. Ю. Представление о потенциальном и восстановленном лесном покрове на примере европейской России // Мониторинг биологического разнообразия лесов России: методология и методы. М. : Наука, 2008. С. 218–225.
237. Смирнова О. В., Шашков М. П., Коротков В. Н., Широков А. И. Лесные острова Южного Ямала // Природа. 2008. № 12. С. 20–24.
238. Чумаченко С. И., Смирнова О. В. Моделирование сукцессионной динамики лесных насаждений с использованием комплекса программ Forus-S // Принципы и способы сохранения биоразнообразия : материалы III Всерос. науч. конф. Йошкар-Ола : Марийский гос. ун-т, 2008. С. 40–41.

2009

239. Заугольнова Л. Б., Смирнова О. В., Браславская Т. Ю. [и др.]. Высокотравные таежные леса восточной части Европейской России // Растительность России. 2009. № 15. С. 3–26.
240. Смирнова О. В. Роль популяционной парадигмы в познании экосистемных процессов // Вестник Удмуртского ун-та. Биология. Науки о земле. 2009. Вып. 1. С. 80–86.
241. Чумаченко С. И., Смирнова О. В. Моделирование сукцессионной динамики насаждений // Лесоведение. 2009. № 6. С. 3–17.

2010

242. Алейников А. А., Бахмет О. Н., Бобровский М. В. [и др.]. Методические подходы к экологической оценке лесного покрова в бассейне малой реки / под ред. Л. Б. Заугольной, Т. Ю. Браславской. М. : Товарищество научных изданий КМК, 2010. 383 с.
243. Смирнова О. В. Методы сбора данных о мозаично-ярусной структуре лесных сообществ // Методические подходы к экологической оценке лесного покрова в бассейне малой реки. М. : Товарищество научных изданий КМК, 2010. С. 94–96.
244. Смирнова О. В. Общие представления об организации биогеоценотического покрова // Методические подходы к экологической оценке лесного покрова в бассейне малой реки. М. : Товарищество научных изданий КМК, 2010. С. 8–10.
245. Смирнова О. В. Основные понятия экологии экосистем с позиций популяционной парадигмы // Принципы и способы сохранения биоразнообразия : сб. материалов IV Всерос. науч. конф. с междунар. участием. Йошкар-Ола : Марийский гос. ун-т, 2010. С. 46–48.
246. Смирнова О. В. Оценка онтогенетического, возрастного и виталитетного состава популяций древесных видов // Методические подходы к экологической оценке лесного покрова в бассейне малой реки. М. : Товарищество научных изданий КМК, 2010. С. 87–94.
247. Смирнова О. В. Оценка сукцессионного состояния лесных экосистем // Методические подходы к экологической оценке лесного покрова в бассейне малой реки. М. : Товарищество научных изданий КМК, 2010. С. 189–194.
248. Смирнова О. В. Теоретические основы, система методов и программ стационарных экологических исследований в таежных лесах Урала // Труды Печоро-Илычского заповедника. 2010. Вып. 16. С. 155–160.
249. Смирнова О. В., Торопова Н. А., Луговая Д. Л., Алейников А. А. Методология исследования популяционной организации и сукцессионной динамики лесных экосистем (биогеоценозов) // Методические подходы к экологической оценке лесного покрова в бассейне малой реки. М. : Товарищество научных изданий КМК, 2010. С. 20–40.
250. Смирнова О. В., Торопова Н. А., Луговая Д. Л., Алейников А. А. Система подходов и методов исследования сукцессионной динамики лесных экосистем с позиций популяционной биологии и концепции ключевых видов // Методические подходы к экологической оценке лесного покрова в бассейне малой реки. М. : Товарищество научных изданий КМК, 2010. С. 202–207.

2011

251. Смирнова О. В. Методология исследования экосистем с популяционных позиций // Известия Пензенского государственного педагогического университета им. В. Г. Белинского. Естественные науки. 2011. № 25. С. 15–21.
252. Смирнова О. В., Алейников А. А., Семиколенных А. А. [и др.]. Пространственная неоднородность почвенно-растительного покрова темнохвойных лесов в Печоро-Илычском заповеднике // Лесоведение, 2011. № 6. С. 67–78.
253. Смирнова О. В., Торопова Н. А., Луговая Д. Л., Алейников А. А. Популяционная парадигма в экологии и экосистемные процессы // Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел биологический. 2011. Т. 116, вып. 4. С. 41–47.

2012

254. Смирнова О. В., Алейников А. А. Сукцессионные системы бореальных лесов европейской России // Известия Самарского НЦ РАН. 2012. Т. 14, № 1 (5). С. 1367–1370.
255. Смирнова О. В., Чумаченко С. И. Концептуальная модель динамики напочвенного покрова // Вестник Московского гос. ун-та леса. 2012. Т. 92, вып. 9. С. 94–102.

2013

256. Lugovaya D. L., Smirnova O. V., Zaprudina M. V. [et al.]. Micromosaic Structure and Phytomass of Ground Vegetation in Main Types of Dark Conifer Forests in the Pechora-Ilych State Nature Reserve // Russian Journal of Ecology. 2013. Vol. 44, № 1. P. 3–10.
257. Smirnova O. V., Lugovaya D. V., Prokazina T. S. Model Reconstruction of Restored Taiga Forest Cover // Biology Bulletin Reviews. 2013. Vol. 3, iss. 6. P. 493–504.
258. Луговая Д. Л., Смирнова О. В., Запрудина М. В. [и др.]. Микромозаичная организация и фитомасса напочвенного покрова в основных типах темнохвойных лесов Печоро-Илычского заповедника // Экология. 2013. № 1. С. 3–10.

259. Смирнова О. В., Алейников А. А., Семиколенных А. А. [и др.]. Типологическое и структурное разнообразие среднетаежных лесов Урала // Разнообразие и динамика лесных экосистем. М. : Товарищество научных изданий КМК, 2013. Кн. 2. С. 42–66.
260. Смирнова О. В., Луговая Д. Л., Проказина Т. С. Модельная реконструкция восстановленного лесного покрова таежных лесов // Успехи современной биологии. 2013. Т. 133, № 2. С. 164–177.

2014

261. Смирнова О. В. Реконструкция потенциального лесного покрова как основа для решения проблем природопользования с экосистемных позиций // Научные основы устойчивого управления лесами : материалы Всерос. науч. конф. М. : ЦЭПЛ РАН, 2014. С. 17–19.
262. Смирнова О. В., Алейников А. А. Популяционная организация и динамика бореальных лесов // Лесные биогеоценозы бореальной зоны: география, структура, функции, динамика : материалы Всерос. науч. конф. с междунар. участием, посвящ. 70-летию создания Института леса им. В. Н. Сукачева (г. Красноярск, 16–19 сентября 2014 г.). Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2014. С. 246–248.
263. Смирнова О. В., Алейников А. А., Смирнов Н. С., Луговая Д. Л. Пионовая тайга // Природа. 2014. № 2. С. 54–63.
264. Торопова Н. А., Смирнова О. В. Экологический риск заповедания и пути его преодоления: обзор современных представлений // Вестник Тверского государственного университета. Сер.: Биология и экология. 2014. Т. 19, вып. 5. С. 1577–1580.

2015

265. Tsyganov A. N., Komarov A. A., Mitchell E. A. D. [et al.]. Additive partitioning of testate amoeba species diversity across habitat hierarchy within the pristine southern taiga landscape (Pechora-Ilych Biosphere Reserve, Russia) // European Journal of Protistology. 2015. Vol. 51. P. 42–54.
266. Смирнова О. В., Заугольнова Л. Б., Коротков В. Н. Теоретические основы оптимизации функции биоразнообразия лесного покрова (синтез современных представлений) // Лесоведение. 2015. № 5. С. 367–378.
267. Смирнова О. В., Шевченко Н. Е., Смирнов Н. С. Оценка потерь флористического разнообразия в основных типах темновойных лесов в верховьях реки Печоры // Труды Печоро-Илычского заповедника. 2015. Вып. 17. С. 147–153.

2016

268. Aleinikov A. A., Smirnov N. S., Smirnova O. V. Tall-Herb Boreal Forests on North Ural // Russian Journal of Ecosystem Ecology. 2016. Vol. 1 (3). P. 1–13.
269. Kalyakin V. N., Turubanova S. A., Smirnova O. V. The origin and development of the east european taiga in late cenozoic // Russian Journal of Ecosystem Ecology. 2016. Vol. 1 (1). P. 1–26.
270. Smirnova O. V., Toropova N. A. Potential ecosystem cover – a new approach to conservation biology // Russian Journal of Ecosystem Ecology. 2016. Vol. 1 (1). P. 1–16.
271. Смирнова О. В., Леонова Н. А. Итоги Всероссийской (с международным участием) научной школы-конференции «Современные концепции экологии биосистем и их роль в решении проблем сохранения природы и природопользования», посвященной 115-летию со дня рождения А. А. Уранова // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. 2016. Т. 14, № 2. С. 64–74.
272. Смирнова О. В., Торопова Н. А. Потенциальная растительность и потенциальный экосистемный покров // Успехи современной биологии. 2016. Т. 136, № 2. С. 199–211.
273. Чумаченко С. И., Смирнова О. В. Имитационная модель динамики биомассы напочвенного покрова лесных насаждений центральной части Европейской России // Современные проблемы экологии : доклады XVI Междунар. науч.-техн. конф. Тула : Инновационные технологии, 2016. С. 79–80.

2017

274. European Russian Forests. Their Current State and Features of Their History / ed. by O. V. Smirnova, M. V. Bobrovsky, L. G. Khanina. Dordrecht : Springer Nature, 2017. 566 p.
275. Shevchenko N. E., Smirnova O. V. Refugia for the Floristic Diversity of Northern Ural Dark Conifer Forests As Markers of Natural Vegetation of the Eastern European Taiga // Russian Journal of Ecology. 2017. Vol. 48 (3). P. 212–218.
276. Smirnova O. V., Bobrovsky M. V., Khanina L. G. [et al.]. Nemoral Forests // European Russian Forests. Their Current State and Features of Their History / ed. by O. V. Smirnova, M. V. Bobrovsky, L. G. Khanina. Dordrecht : Springer Nature, 2017. P. 333–476.
277. Smirnova O. V., Bobrovsky M. V., Khanina L. G. [et al.]. Boreal Forests // European Russian Forests. Their Current State and Features of Their History / ed. by O. V. Smirnova, M. V. Bobrovsky, L. G. Khanina. Dordrecht : Springer Nature, 2017. P. 59–203.

278. Smirnova O. V., Kalyakin V. N., Turubanova S. A. [et al.]. Development of the European Russian Forests in the Holocene // European Russian Forests. Their Current State and Features of Their History / ed. by O. V. Smirnova, M. V. Bobrovsky, L. G. Khanina. Dordrecht : Springer Nature, 2017. P. 515–536.
279. Smirnova O. V., Toropova N. A. Potential Vegetation and Potential Ecosystem Cover // Biology Bulletin Reviews. 2017. Vol. 7, № 2. P. 139–149.
280. Смирнова О. В. Современные концепции синэкологии – основа реконструкции природного лесного покрова (обзор литературы) // Природные и исторические факторы формирования современных экосистем Среднего и Северного Урала. Якша : Изд-во Печоро-Илычского заповедника, 2017. С. 145–147.
281. Смирнова О. В., Алейников А. А. Проблемы и актуальные направления биогеоценологии и экологии экосистем // Антропогенная трансформация природной среды. 2017. № 3. С. 10–12.
282. Шевченко Н. Е., Смирнова О. В. Рефугиумы флористического разнообразия темнохвойных лесов Серного Урала как маркеры природной растительности Восточноевропейской тайги // Экология. 2017. № 3. С. 171–177.

2018

283. Kuznetsova N., Gomina A., Smirnova O., Potapov M. Soil mesofauna and diversity of vegetation: Collembola in pristine taiga forests (Pechora-Ilych Biosphere Reserve, Russia) // European Journal of Forest Research. 2018. P. 1–16. doi: 10.1007/s10342-018-1132-1
284. Pyykönen A. K., Braslavskaya T. Yu., Churakova E. Y. [et al.]. A large vegetation-plot database for research and conservation of boreal forest diversity in Europe // Book of abstracts. Cool forests at risk? The Critical Role of Boreal and Mountain Ecosystems for People, Bioeconomy, and Climate. 17–20 September 2018. Laxenburg, Austria : IIASA, 2018. P. 110–111.
285. Pyykönen A. K., Braslavskaya T. Yu., Churakova E. Y. [et al.]. The European Boreal Forest Vegetation Database // 27th Congress of the European Vegetation Survey "Vegetation survey 90 years after publication of Braun-Blanquet's textbook – new challenges and concepts". Wrocław : University Wrocław, 2018. P. 148–149.
286. Smirnova O. V., Bobrovsky M. V., Khanina L. G. [et al.]. Old-growth spruce-fir forests in the plain area of the Komi republic // Russian Journal of Ecosystem Ecology. 2018. Vol. 3 (4). P. 1–35. doi: 10.21685/2500-0578-2018-4-2
287. Smirnova O. V., Braslavskaya T. Yu., Aleynikov A. A., Korotkov V. N. Unique boreal forests of European Russia // Book of abstracts. Cool forests at risk? The Critical Role of Boreal and Mountain Ecosystems for People, Bioeconomy, and Climate. 17–20 September 2018. Laxenburg, Austria : IIASA, 2018. P. 38–39.
288. Smirnova O. V., Geraskina A. P., Aleinikov A. A. The concept "complementarity" as the basis for model and nature reconstruction of potential biota in the current climate // Russian Journal of Ecosystem Ecology. 2018. Vol. 3 (3). P. 1–21. doi: 10.21685/2500-0578-2018-3-1
289. Smirnova O. V., Shevchenko N. E., Khanina L. G., Bobrovsky M. V. Refugium of the Boreal Forests of the Circumpolar Urals // Biology Bulletin. 2018. Vol. 45, № 2. P. 223–229.
290. Смирнова О. В., Шевченко Н. Е., Ханина Л. Г., Бобровский М. В. Рефугиумы таежных лесов приполярного Урала // Известия РАН. Серия биологическая. 2018. № 2. С. 237–244.

2019

291. Smirnova O. V., Geraskina A. P. Current northern Eurasia forest condition: methods of analysis and restoration of natural biota in protected areas. Literature review and recommendations for required research in protected areas // Russian Journal of Ecosystem Ecology. 2019. Vol. 4 (1). P. 1–12. doi: 10.21685/2500-0578-2019-1-1
292. Smirnova O., Geraskina A., Aleynikov A., Korotkov V. Paleoreconstruction and current state of the forest cover of Northern Eurasia // 2nd International Conference on Community Ecology. Bologna : Comes, 2019. P. 48–49.
293. Коротков В. Н., Шилов Д. С., Сибгатуллин Р. З. [и др.]. Уникальный хвойно-широколиственный лес с преобладанием *Tilia cordata* и *Ulmus glabra* в охранной зоне Висимского заповедника (Свердловская область) // Лесные экосистемы бореальной зоны: биоразнообразие, биоэкономика, экологические риски : материалы Всерос. науч. конф. с междунар. участием (26–31 августа 2019 г.). Красноярск : Институт леса СО РАН, 2019. С. 198–199.
294. Морозов В. Е., Алейников А. А., Смирнова О. В. [и др.]. Новая парадигма государственной политики в сфере экологии, охраны окружающей среды и климата // Энергия: экономика, техника, экология. Журнал Президиума РАН. М. : Наука, 2019. № 8. С. 4–14.

2020

295. Коротков В. Н., Шилов Д. С., Сибгатуллин Р. З., Смирнова О. В. Малонарушенные темнохвойные и хвойно-широколиственные леса Висимского заповедника как рефугиумы флористического разнообразия // Научные основы устойчивого управления лесами : материалы IV Всерос. науч. конф. с междунар. участием. М. : ЦЭПЛ РАН, 2020. С. 59–62.
296. Кудреватых И. Ю., Смирнова О. В., Гераськина А. П. Сравнительная характеристика структуры и химического состава напочвенного покрова и почв пихто-ельников Северного Урала // Научные основы устойчивого управления лесами : материалы IV Всерос. науч. конф. с междунар. участием. М. : ЦЭПЛ РАН, 2020. С. 66–68.

297. Морозов В. Е., Алейников А. А., Смирнова О. В. [и др.]. Рекомендации «круглого стола» на тему «Климато-защитные леса и экологическая безопасность России» // Устойчивое лесопользование. 2020. № 1 (60). С. 2–5.
298. Смирнова О. В., Гераскина А. П., Коротков В. Н. Выходотравные темныхвойные леса Печоро-Ильчского заповедника как современные рефугиумы биологического разнообразия // Растительное разнообразие: состояние, тренды, концепция сохранения : тезисы докл. Всерос. конф. с участием иностранных ученых (г. Новосибирск, 30 сентября – 3 октября 2020 г.). Новосибирск : Академиздат, 2020. С. 156. <https://csbg-nsk.ru/library#sborniki>
299. Упельник В. П., Куклина А. Г., Горбунов Ю. Н. [и др.]. Памяти Нины Ивановны Шориной (16. IV. 1933 – 26. I. 2020) // Бюллетень Главного ботанического сада. 2020. № 1. С. 95. doi: 10.25791/BBGRAN.01.2020.1044
300. Geraskina A. P., Smirnova O. V., Antoschenkov V. F. [et al.]. Motion as a fundamental basis of life // Russian Journal of Ecosystem Ecology. 2020. Vol. 5 (3). doi: 10.21685/2500-0578-2020-3-3
301. Geraskina A. P., Smirnova O. V., Korotkov V. N., Kudrevatykh I. Yu. Productivity and content of macro- and microelements in the phytomass of ground vegetation of typical and unique taiga forests of the Northern Urals (example of spruce-fir forests of the Pechora-Ilych nature reserve) // Russian Journal of Ecosystem Ecology. 2020. Vol. 5 (2). P. 1–13. doi: 10.21685/2500-0578-2020-2-1
302. Jašková A., Braslavskaya T. Yu., Tikhonova E. [et al.]. European boreal forest vegetation database // Phytocoenologia. 2020. Vol. 50, № 1. P. 79–92.
303. Smirnova O. V., Geraskina A. P., Korotkov V. N. Natural zonality of the forest belt of Northern Eurasia: myth or reality? Part 1 (Literature review) // Russian Journal of Ecosystem Ecology. 2020. Vol. 5 (1). P. 1–20. doi: 10.21685/2500-0578-2020-1-2
304. Smirnova O. V., Geraskina A. P., Korotkov V. N. Tall herb dark coniferous forests as modern refugia of biological diversity of Northern Eurasia (on example of Pechora-Ilych Nature Reserve) // BIO Web of Conferences. 2020. Vol. 24. P. 1–5. doi: 10.1051/bioconf/20202400083

2021

305. Smirnova O. V., Geraskina A. P., Korotkov V. N. Natural zonality of the forest belt of Northern Eurasia: myth or reality? Part 2 (Literature review) // Russian Journal of Ecosystem Ecology. 2021. Vol. 6, № 2. P. 1–20. doi: 10.21685/2500-0578-2021-2-1
306. Браславская Т. Ю., Алейников А. А., Гераскина А. П., Смирнова О. В. Продуктивность старовозрастных темныхвойных лесов северного Предуралья // Биоразнообразие и функционирование лесных экосистем. М. : Товарищество научных изданий КМК, 2021. С. 85–94.
307. Кудреватых И. Ю., Гераскина А. П., Смирнова О. В. Вариативность химического состава растений и почв в лесах Печоро-Ильчского и Висимского заповедников // Лесные почвы и изменение климата : материалы Всерос. науч. конф. с международным участием, Москва, 21–24 сентября 2021 года. М. : Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН, 2021. С. 123–124.
308. Кудреватых И. Ю., Гераскина А. П., Смирнова О. В. Структура и химический состав растительности и почв в лесах Висимского заповедника // Актуальные проблемы экологии и природопользования : сб. науч. трудов XXII Междунар. науч.-практ. конф. : в 3 т. (г. Москва, 22–24 апреля 2021 г.). М. : Российский университет дружбы народов (РУДН), 2021. Т. 1. С. 474–478.
309. Смирнова О. В., Гераскина А. П. Палеорекострукция биоты земли как основа современного естествознания // Современные проблемы естествознания и естественно-научного образования : сб. ст. участников II-й Всерос. науч.-практ. конф., Арзамас, 25–26 ноября 2021 года. Арзамас : Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского (Арзамасский филиал), 2021. С. 68–71.
310. Смирнова О. В., Гераскина А. П., Алейников А. А. Концепция комплементарности как основа модельных и натурных реконструкций потенциальной биоты в условиях современного климата // Биоразнообразие и функционирование лесных экосистем. М. : Товарищество научных изданий КМК, 2021. С. 10–24.

2022

311. Braslavskaya T. Yu., Geraskina A. P., Aleinikov A. A. [et al.]. Long-term effect of wildfires on vascular plant and soil invertebrate diversity in primary fir-spruce forests of the Ural Mountains (North Eurasia) // Russian Journal of Ecosystem Ecology. 2022. Vol. 7. № 1. P. 1–26. doi: 10.21685/2500-0578-2022-1-5

2023

312. Кудреватых И. Ю., Сибгатуллин Р. З., Коротков В. Н. [и др.]. Взаимосвязь химического состава напочвенного покрова, опада и почв в хвойно-широколиственных лесах низкогорной полосы Среднего Урала // Russian Journal of Ecosystem Ecology. 2023. Vol. 8 (3). doi: 10.21685/2500-0578-2023-3-1



DOI 10.21685/2500-0578-2025-2-2

CHANGES IN THE VEGETATION OF THE DRIED ARAL SEA BED

Z. Jabbarov¹, U. Nomozov², Sh. Abdullaev³,
G. Rakhmatullaeva⁴, J. Abdukarimov⁵, S. Zakirova⁶

^{1, 3, 4, 5, 6} National University of Uzbekistan, Tashkent, Uzbekistan

² Tashkent branch of the Samarkand state university veterinary medicine of livestock and biotechnologies, Tashkent, Uzbekistan

¹ zafarjonjabbarov@gmail.com

Abstract. The article investigates the distribution, species, and projective cover levels of vegetation that emerged in the sand dunes formed in place of the Aral Sea due to its desiccation. The changes in vegetation over the years, from 1981 to 2024, have been studied. According to the results, the projective cover level of vegetation on the dried Aral Sea bed has undergone significant changes. Specifically, from 1981 to 2024, the projective cover level increased by 31 %, reaching 55 %. Currently, dominant plant species such as *Haloxylon ammodendron* (C.A. Mey.) Bunge ex Fenzl, *Halostachys caspica* (M. Bieb.) C.A. Mey., *Halocnemum strobilaceum* (Pall.) M. Bieb., *Haloxylon persicum* Bunge, and *Caroxylon nitrarium* (Pall.) Akhani & Roalson are widespread. In the study area, factors such as increased soil salinity, changes in groundwater levels, low precipitation, and rising temperatures have had the most significant impact on the distribution and changes in vegetation. In the early years of the Aral Sea desiccation, approximately 10 plant species grew, with a projective cover level of 24 %. Over the course of 10 years, the number of species increased by 1–2 species. After 20 years, the number of species decreased to 7, but after another 20 years, the number of species increased again, reaching 11 species. The projective cover level increased from 24 % in 1981 to 55 % by 2024, showing a 31 % increase.

Keywords: vegetation, Aral Sea, degree of projective cover, salinization, sandy areas, soil

Financing: this article was carried out as part of the project financed by the Innovation Development Agency of the Republic of Uzbekistan under the project number FL-8323102111-R1, titled “Creating a scientific basis for grouping areas for planting plants according to the salinity, physical, chemical, and biological properties of the soils distributed in the dry bottom of the Aral Sea.

For citation: Jabbarov Z., Nomozov U., Abdullaev Sh., Rakhmatullaeva G., Abdukarimov J., Zakirova S. Changes in the vegetation of the dried Aral sea bed. Russian Journal of Ecosystem Ecology. 2025;10(2). (In Russ.). Available from: <https://doi.org/10.21685/2500-0578-2025-2-2>

УДК 631.481;631.626.87

ИЗМЕНЕНИЯ РАСТИТЕЛЬНОСТИ НА ОСУШЕННОМ ДНЕ АРАЛЬСКОГО МОРЯ

З. Джаббаров¹, У. Номозов², Ш. Абдуллаев³, Г. Рахматуллаева⁴,
Ж. Абдукаримов⁵, С. Закирова⁶

^{1, 3, 4, 5, 6} Национальный университет Узбекистана, Ташкент, Узбекистан

² Ташкентский филиал Самаркандского государственного университета ветеринарной медицины, животноводства и биотехнологий, Ташкент, Узбекистан

¹ zafarjonjabbarov@gmail.com

Аннотация. Исследуются распространение, видовой состав и уровень проективного покрытия растительности, появившейся на песчаных дюнах, сформировавшихся на месте высохшего Аральского моря. Изучены изменения в растительности с 1981 по 2024 г. Согласно результатам, уровень проективного покрытия растительности на осушенном дне Аральского моря претерпел значительные изменения. В частности, с 1981 по 2024 г. уровень проективного покрытия увеличился на 31 %, достигнув 55 %. В настоящее время широко распространены такие доминирующие виды растений, как *Haloxylon ammodendron* (C. A. Mey.) Bunge ex Fenzl, *Halostachys caspica* (M. Bieb.) C. A. Mey., *Halocnemum strobilaceum* (Pall.) M. Bieb., *Haloxylon persicum* Bunge и *Caroxylon nitrarium* (Pall.) Akhani & Roalson. В изучаемом районе на распределение и изменения в растительности наибольшее влияние оказали такие факторы, как повышение засоленности почв, изменения уровня грунтовых вод, низкое количество осадков и повышение температуры. В первые годы после высыхания

Аральского моря произрастало около 10 видов растений, при уровне проективного покрытия 24 %. В течение следующих 10 лет количество видов увеличилось на 1–2. Через 20 лет число видов снизилось до 7, но спустя ещё 20 лет вновь увеличилось, достигнув 11 видов. Уровень проективного покрытия вырос с 24 % в 1981 г. до 55 % в 2024 г., что составляет увеличение на 31 %.

Ключевые слова: растительность, Аральское море, степень проективного покрытия, засоление, песчаные территории, почва

Финансирование: данная статья подготовлена в рамках проекта, финансируемого Агентством по инновационному развитию Республики Узбекистан, номер проекта FL-8323102111-R1: «Создание научной основы группировки площадей для посадки растений в зависимости от засоленности, физических, химических и биологических свойств почв, распространённых на высохшем дне Аральского моря».

Для цитирования: Джаббаров З., Номозов У., Абдуллаев Ш., Рахматуллаева Г., Абдукаримов Ж., Закирова С. Изменения растительности на осушенном дне Аральского моря // Russian Journal of Ecosystem Ecology. 2025. Vol. 10 (2). <https://doi.org/10.21685/2500-0578-2025-2-2>

Introduction

As a result of the Aral Sea's desiccation, sandy areas have formed in its former basin [4, 11] and the process of soil formation has begun [8]. In the result, these areas cover approximately 5.2 million hectares, of which 3.2 million hectares are located within the territory of Uzbekistan. The distribution of vegetation across the dried seabed of the Aral Sea varies by region – including the southern, eastern, western, northern, and central parts. In the southern part alone, 216 species of plants have been identified [1]. In the western part, 27 plant species belonging to 4 different genera have been identified [2]. Changes in vegetation on the dried seabed of the Aral Sea have been observed over the years. Notably, a significant transformation occurred within mesophytic plant communities due to the lowering of groundwater levels. Additionally, the movement of salts has contributed to the emergence of new plant species, while others have disappeared [3]. The primary factor influencing the progressive transformation of vegetation is soil salinization [5]. Furthermore, due to desertification, approximately 68 % of the dried seabed of the Aral Sea is currently experiencing degradation [6]. In the northern part of the dried Aral Sea basin, the dominant soil degradation processes include anthropogenic soil salinization, wind erosion, and soil alkalization [7]. Initially, the Aral Sea's water was fresh; however, over time it became highly saline, which led to severe soil salinization and the formation of solonchaks [9]. The dried seabed of the Aral Sea is now predominantly covered by halophytic and psammo-phytic plant species, whose projective cover fluctuates over time [10]. Ongoing climate change is further contributing to shifts in vegetation patterns [12]. Soil salinization has also intensified, which in turn has negatively affected plant growth and development [13–15]. Among the salt- and drought-tolerant plant species in the Aral Sea region is licorice (*Glycyrrhiza glabra*), which is considered

resistant to various environmental stresses [16]. Another stress-tolerant plant found in different parts of the dried Aral Sea basin is *Chenopodium quinoa* Willd [17]. Studying the widespread plant species *Salicornia* L. around the Aral Sea and isolating bacteria from its rhizosphere for application to plants in other regions has shown promising results under stress conditions [18]. The desiccation of the Aral Sea has also negatively affected the growth, development, and yield of autumn wheat and cotton crops even in distant areas such as the Khorezm region [19]. One of the most adaptable and salt- and drought-tolerant species suitable for sandy soils in the dried seabed of the Aral Sea is black saxaul (*Haloxylon aphyllum*), which develops root systems specifically in response to sodium-induced salinity [20]. In the northern regions of the Aral Sea, plowing activities have significantly reduced naturally occurring vegetation, highlighting the urgent need for measures to restore native plant species [21]. Planting species such as *Elaeagnus angustifolia*, *Ulmus pumila*, *Morus alba*, and *Populus nivea* × *tremula* around the Aral Sea has been shown to reduce soil salinity and enhance biomass accumulation [22]. As evidenced by the analysis of the above-mentioned literature, changes in vegetation on the dried seabed of the Aral Sea are closely linked to soil salinization, climate change, and fluctuations in groundwater levels. Our research has also revealed patterns in the distribution of plant species in the eastern part of the dried Aral Sea, as well as inter-annual variations in their projective cover.

Methods

The research was conducted in the eastern part of the dried Aral Sea basin, specifically at the following coordinates: N43° 41.8157', E60° 18.1042'; N43° 43.7409', E60° 17.9305'; N43° 47.0546', E60° 15.9007'; N43° 59.3149', E60° 16.6137'; and N43° 67.4337', E60° 17.1723'. Geobotanical surveys were carried out based on the methodology outlined in

"Methodological Guidelines for Geobotanical Survey of Natural Forage Lands of Uzbekistan", while cartographic analyses were performed using the Inverse Distance Weighting (IDW) geostatistical interpolation method. The soils in the study area were characterized as moderately to highly saline, with widespread presence of solonchaks. The average annual precipitation is approximately 90–100 mm, with maximum summer temperatures reaching up to 42 °C. The groundwater table is located at depths ranging from 1.7 to over 3 meters.

Results

The plant world in the study area has undergone changes over the years, primarily due to alterations in the hydrological regime caused by the desiccation of the Aral Sea. This has led to the formation of automorphic soils, fluctuations in groundwater levels, a decrease in precipitation, and an increase in air temperatures. As a result, the vegetation has gradually undergone transformations.

The changes in the plant species composition around the Aral Sea and its dried basin have been

extensively studied and analyzed by scientists. The changes in vegetation in the dried seabed of the Aral Sea from 1981 to 2001 revealed significant transformations in species composition and cover. During this period, the number of plant species decreased from 10 to 7, while the total projective cover increased from 24 % to 44 %. Although the number of species declined, their distribution cover increased, indicating that the plant world adapted and expanded as the Aral Sea dried up. The soil cover decreased slowly, and the groundwater level approached the surface. Over time, as the properties of the soil improved, conditions for plant growth were created, resulting in an increase in the cover level. Notable plants contributing to the increase in projective cover in the dried seabed include *Eremosparton aphyllum* (increased from 2 % to 15 %), *Lycium ruthenicum* (from 0.5 % to 7 %), *Calligonum crispatum* (from 0.5 % to 12 %), *Salsola paulsenii* and *Corispermum aralo-caspicum* (from 0.1 % to 0.5 %), *Chondrilla brevirostris* (from 0.1 % to 6 %), and *Anisantha tectorum* (from 0.1 % to 0.2 %). Conversely, some species showed a decline, such as *Stipagrostis pennata* (from 20 % to 3 %) and *Leymus racemosus* (from 0.5 % to 0.1 %) (Table 1).

Table 1

The changes in the species composition of vegetation on the dried seabed of the Aral Sea over the years (Dimeeva, 2007; Jabbarov, 2024 [regarding the eastern region])

Indicators	Years of observation															
	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1989	1990	1992	1994	1998	1999	2001	2024*	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
Succession year	17	18	19	20	21	22	23	25	26	28	30	34	35	37	38	
Number of species	10	10	12	10	12	11	12	10	10	11	13	10	7	7	11	
Total projective cover, %	24	24	26	26	26	27	33	33	32	32	35	21	21	44	55	
Species projective cover, %																
<i>Stipagrostis pennata</i>	20	20	20	20	20	20	20	20	20	10	10	4.0	1.0	20	20	
<i>Eremosparton aphyllum</i>	2.0	2.0	4.0	4.0	4.0	4.0	10	10	10	20	20	10	10	15		
<i>Leymus racemosus</i>	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.1	0.1	0.1					
<i>Lycium ruthenicum</i>	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.1	0.1	0.1	0.5	1.0	7.0	1.0	
<i>Calligonum crispatum</i>	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	2.0	4.0	5.0	12		
<i>Lactuca tatarica</i>	0.1		0.1	0.1	0.1							0.2				
<i>Salsola paulsenii</i>	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.5		1	
<i>Corispermum aralo-caspicum</i>	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	1.0	0.1	1.0	0.5	1	
<i>C. hyssopifolium</i>	0.1	0.1		0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	1.0	0.1				
<i>Atriplex pratovii</i>	0.1		0.1													
<i>Convolvulus subsericeus</i>		0.1														
<i>Astragalus brachypus</i>		0.1	0.1	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.1					
<i>A. lehmannianus</i>			0.1													
<i>Chondrilla brevirostris</i>			0.1		0.1	0.5	0.5	0.5	0.5		0.5	2.0	3.0	6.0		
<i>Linaria dolichoceras</i>					0.1		0.1									
<i>Horaninovia ulicina</i>										0.1						
<i>Anisantha tectorum</i>						0.1	0.1			0.1	0.1			0.2		
<i>Lappula semiglabra</i>											0.1					
<i>Senecio noeanus</i>											0.1					

End of Table 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
<i>Haloxylon ammodendron</i> (C.A.Mey.) <i>Bunge ex Fenzl</i>															15
<i>Alhagi pseudalhagi</i> (M.Bieb.) Desv. ex <i>Wangerin</i>															15
<i>Haloxylon persicum</i> Bunge															55
<i>Lepidium perfoliatum</i> L.															1
<i>Calligonum acanthopterum</i> I.G.Borshch.															25
<i>Ammodendron conollyi</i> Bunge ex Boiss.															0.5
<i>Phragmites australis</i> (Cav.) Trin. ex Steud.															2
<i>Astragalus villosissimus</i> Bunge															5
<i>Climacoptera lanata</i> (Pall.) Botsch.															0.5
<i>Caroxylon scleranthum</i> (C.A.Mey.) Akhani & Roalson															0.5
<i>Bassia eriophora</i> (Schrad.) Asch.															0.5
<i>Halostachys caspica</i> (M.Bieb.) C.A.Mey															8
<i>Tamarix hispida</i> Willd.															10
<i>Climacoptera aralensis</i> (Iljin) Botsch.															1
<i>Peganum harmala</i> L.															0.5
<i>Suaeda microsperma</i> (C.A.Mey.) Fenzl															0.5
<i>Eremopyrum triticeum</i> (Gaertn.) Nevski															0.5
<i>Atriplex fominii</i> Iljin															1
<i>Ephedra strobilacea</i> Bunge															10
<i>Xylosalsola richteri</i> (Moq.) Akhani & Roalson															10
<i>Stipagrostis karelinii</i> (Trin. & Rupr.) H.Scholz															15

The plant world has undergone changes over the years, following a dynamic trajectory, with one of the main driving factors being the ongoing desiccation of the Aral Sea. The dynamic changes in vegetation are primarily influenced by continued soil salinization and desertification, driven by exogenous processes such as aeolian, halogeochemical, and hydromorphic processes. These changes are closely linked with soil formation processes. In the dried seabed of the Aral Sea within the territory of Kazakhstan, 342 plant species belonging to 43 families and 170 genera have been recorded (Dimeeva, 2008). Among them, the dominant families include: *Chenopodiaceae* (83 species), *Asteraceae* (45 species), *Polygonaceae* (36 species), *Brassicaceae* (32 species), *Fabaceae* (22 species), *Poaceae* (19 species), *Boraginaceae* (13 species), *Tamaricaceae* (9 species), *Ranunculaceae* (7 species), *Cyperaceae* (5 species), and *Apiaceae* (5 species). In terms of life forms, annual plants account for 41.5 %, perennial herbaceous plants 31.9 %, and shrubs 16.7 %, making them the dominant forms. The Aral Sea crisis is still ongoing; periodic inflows of water, as well as residual water from rivers and reservoirs, continue to extend the duration of this process.

In the dried seabed of the Aral Sea, the distribution of plant species and their projective cover values are highly variable. According to research findings, the composition of plant species has almost

completely changed – species that were present in the 1980s are now either absent or occur very rarely, having been replaced by other species. Furthermore, the level of projective cover has increased, indicating that vegetation is expanding and progressively covering the soil surface. This phenomenon can be attributed to the ongoing hydrogeological processes and consistent progression of soil formation in the region (Fig. 1).

As shown in the figure, during the initial years of the Aral Sea's desiccation, approximately 10 plant species were predominantly present, with a projective cover of 24 %. Within the first 10 years, the number of species increased by 1–2. However, after 20 years, the number of species declined to 7, before increasing again to 11 after another 20 years. The projective cover, on the other hand, has shown a steady increase—from 24 % in 1981 to 55 % in 2024, marking a 31 % rise, which is considered a positive indicator. These findings suggest that the composition of vegetation changes naturally every 15–20 years. Therefore, it is important to consider the dynamic nature of species composition when developing recommendations. The distribution of vegetation is closely linked to the drying process of the Aral Sea and to soil formation over time, including the specific properties and characteristics of the soils. The figure below illustrates the distribution of vegetation from 1981 to 2025 and highlights the changes over this period (Fig. 2–4).

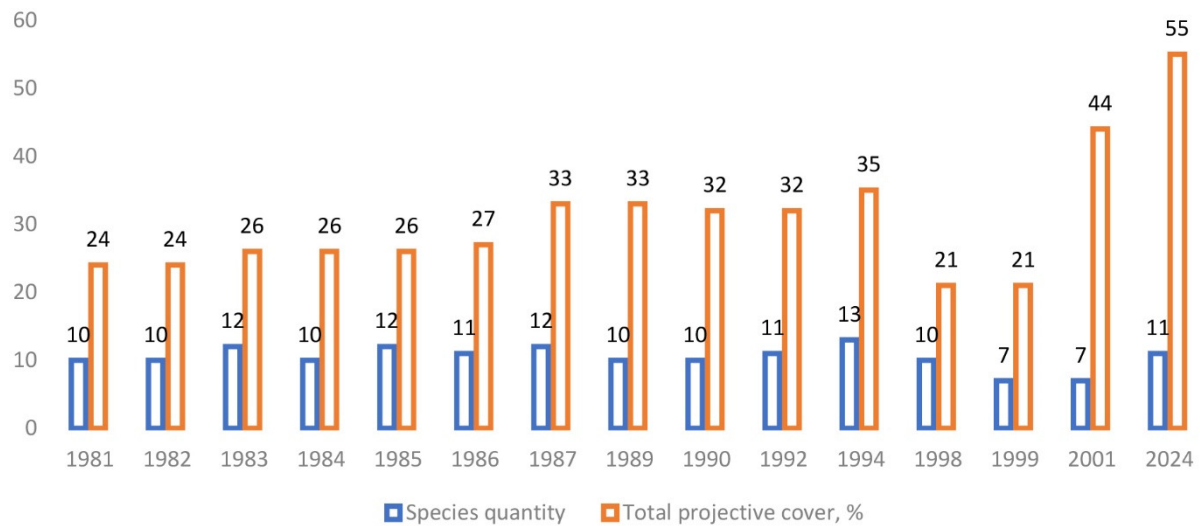


Fig. 1. Dynamic characteristics of plant species distribution and their projective cover on the dried seabed of the Aral Sea

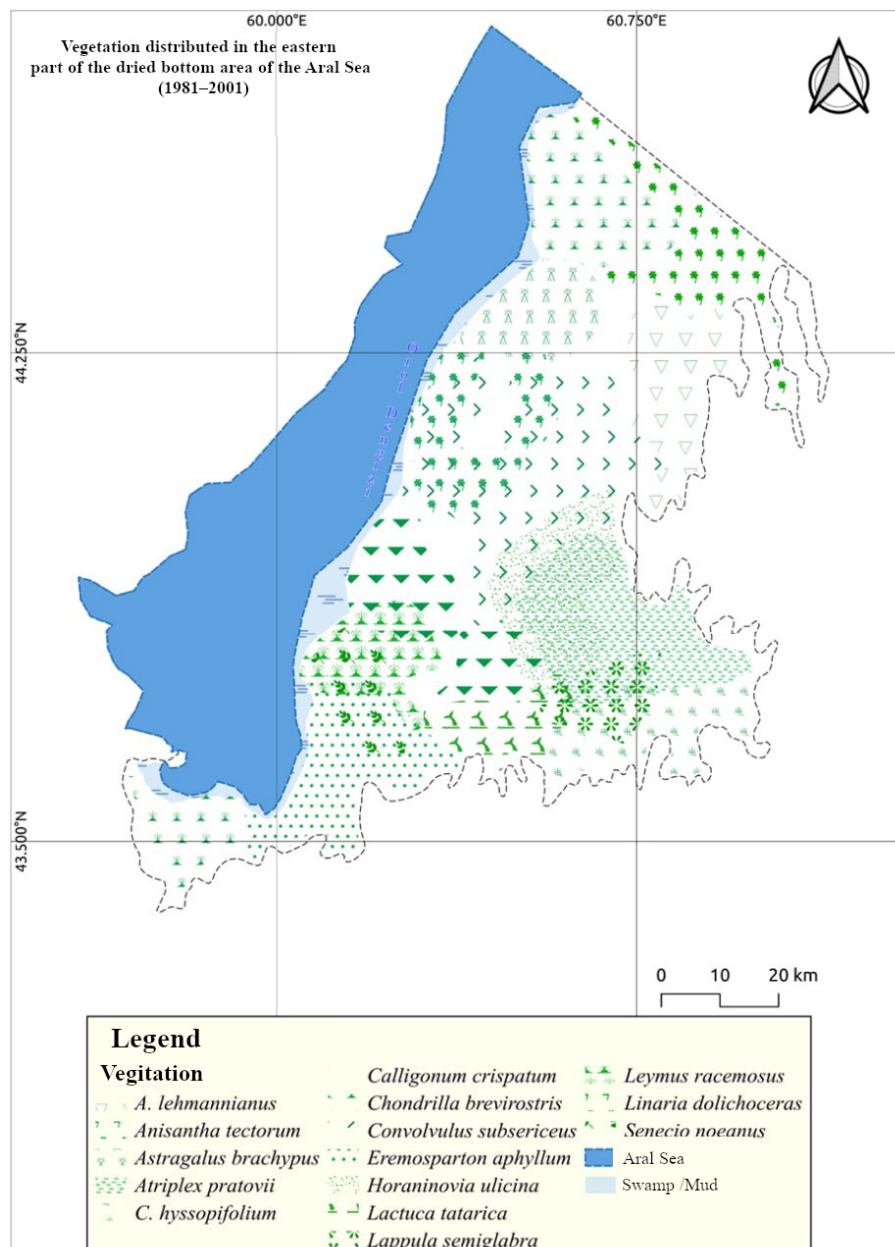


Fig. 2. Distribution of vegetation in the eastern part of the dried Aral Sea bed (1981–2001)

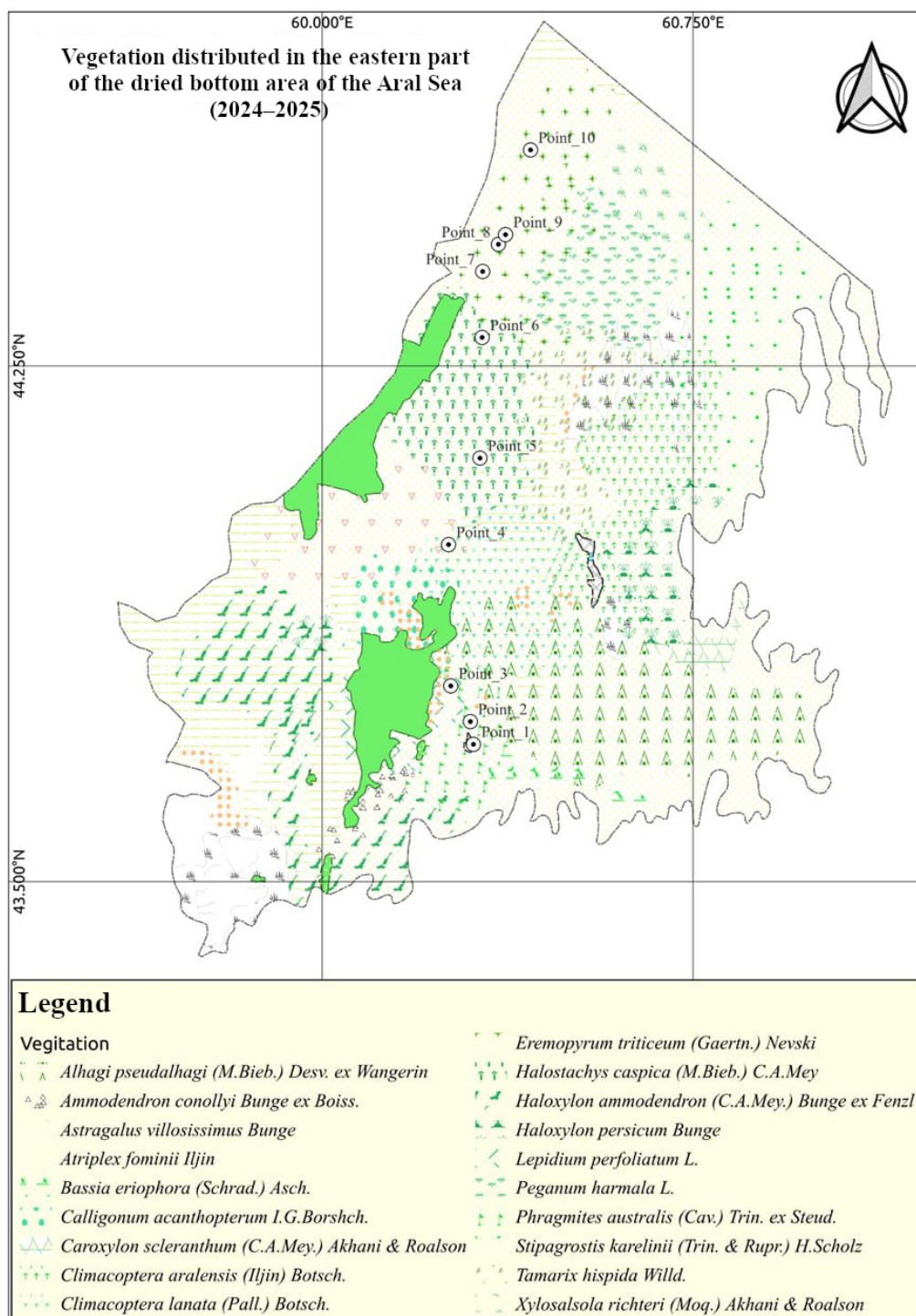


Fig. 3. Distribution of vegetation in the eastern part of the dried Aral Sea bed (2024–2025)

As shown in the fig. 4, 21 different plant species have been recorded in the eastern part of the dried Aral Sea bed, with projective cover levels ranging from 0.5 to 55 %. The distribution of these species is uneven across the area some species are absent in certain locations while others are found only in specific zones. Therefore, it is not feasible to recommend planting the most widespread species uniformly across the entire region. The distribution of each plant species is influenced by the local soil conditions, salinity levels, depth and mineralization of the groundwater table. Consequently, when

proposing vegetation planting on the dried seabed of the Aral Sea, it is essential to base recommendations on the natural distribution areas of the plants and to consider the physical and chemical properties of the soils. Otherwise, the growth and development of the introduced species may be significantly limited.

During the first year of the project research, the distribution of vegetation, their projective cover levels, and dominant species on the dried seabed of the Aral Sea were studied. The findings are summarized as follows (Fig. 5).

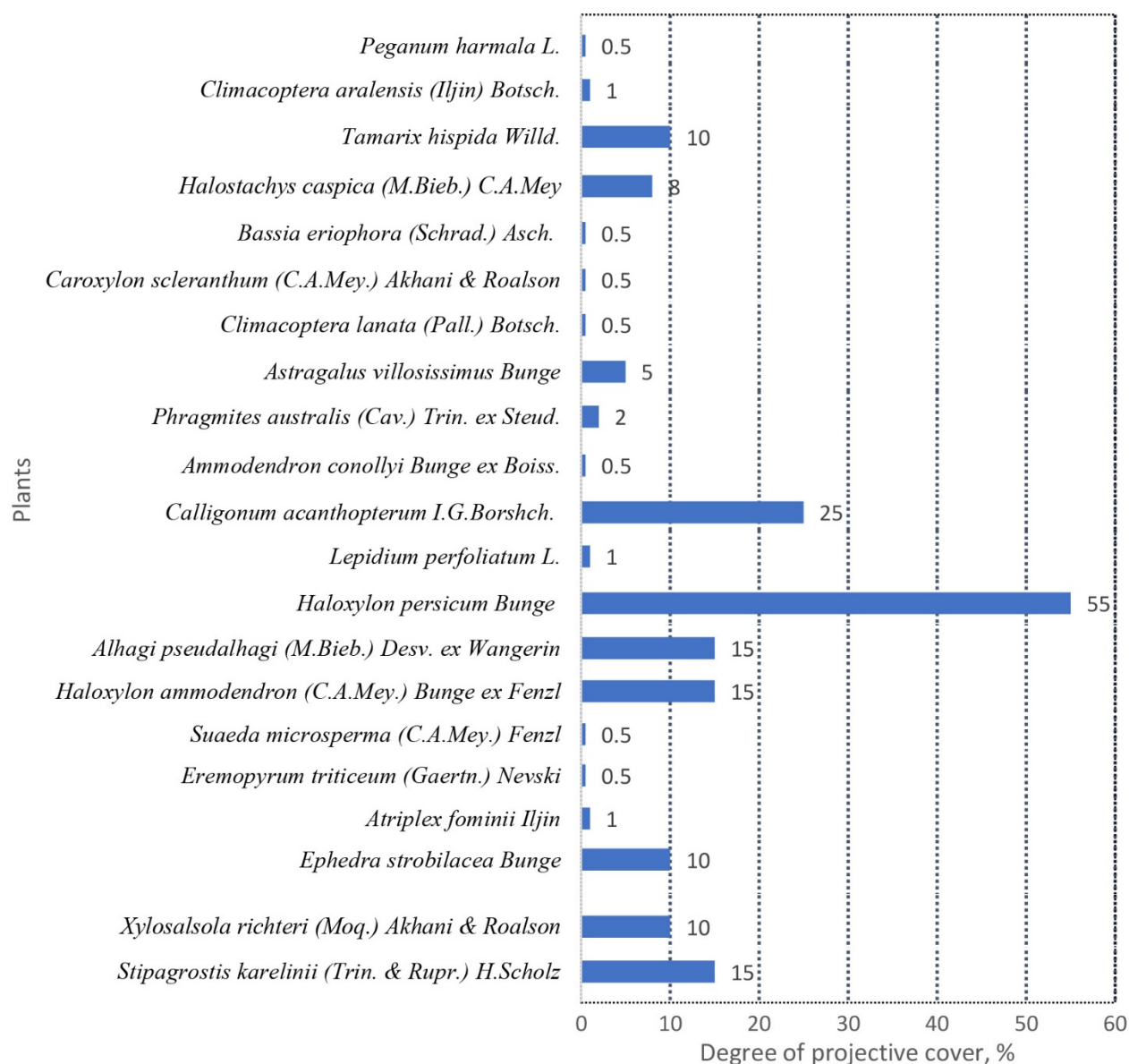


Fig. 4. Distribution of plant species and projective cover level (%) in the eastern region of the dried Aral Sea bed



Fig. 5. Distribution of vegetation in the eastern part of the dried Aral Sea bed (N43° 41.8157', E60° 18.1042')

The projective cover levels of plant species distributed in this area are as follows. According to the results, the vegetation community in the study area is characterized as a Haloxylon-mixed (saxaul-dominated) shrubland. The projective cover of the plant

community (PCLC – Projective Cover Level of the Community) was 36 % (Table 2).

In the next area, vegetation distribution has noticeably decreased, and the projective cover level was found to be sparse (Fig. 6).

Table 2

Distribution of vegetation in the eastern part of the dried Aral Sea bed (N43° 41.8157', E60° 18.1042')

Species	PCLC, %
<i>Haloxylon ammodendron</i> (C.A.Mey.) Bunge ex Fenzl	15
<i>Alhagi pseudalhagi</i> (M.Bieb.) Desv. ex-Wangerin	15
<i>Haloxylon persicum</i> Bunge	5
<i>Lepidium perfoliatum</i> L.	1
<i>Calligonum acanthopterum</i> I.G.Borshch.	+
<i>Ammodendron conollyi</i> Bunge ex Boiss.	+
<i>Phragmites australis</i> (Cav.) Trin. ex Steud.	+
<i>Astragalus villosissimus</i> Bunge	+
<i>Climacoptera lanata</i> (Pall.) Botsch.	+
<i>Caroxylon scleranthum</i> (C.A.Mey.) Akhani & Roalson	+
<i>Bassia eriophora</i> (Schrad.) Asch.	+



Fig. 6. Distribution of vegetation in the eastern part of the dried Aral Sea Bed (N43° 43.7409', E60° 17.9305')

In this area, the number and abundance of plant species have decreased, and the morphological characteristics of the soil substrates have also changed. According to the results, the vegetation community is characterized as a saline-sarsazan-

sand desert type, with the projective cover of the plant community (PCLC) being 16 % (Table 3).

In the next area, the species composition and number of plants further decreased and became sparser (Fig. 7).

Table 3

Projective cover level of vegetation in the eastern part of the dried Aral Sea bed (N43° 43.7409', E60° 17.9305')

Species	PCLC, %
<i>Halostachys caspica</i> (M.Bieb.) C.A.Mey.	8
<i>Caroxylon scleranthum</i> (C.A.Mey.) Akhani & Roalson	3
<i>Halocnemum strobilaceum</i> (Pall.) M.Bieb.	3
<i>Tamarix hispida</i> Willd.	1
<i>Climacoptera aralensis</i> (Iljin) Botsch.	1
<i>Haloxylon ammodendron</i> (C.A.Mey.) Bunge ex Fenzl	+
<i>Lycium ruthenicum</i> Murray	+
<i>Peganum harmala</i> L.	+
<i>Bassia eriophora</i> (Schrad.) Asch.	+



Fig. 7. Distribution of vegetation in the eastern part of the dried Aral Sea bed (N43° 47.0546', E60° 15.9007')

In this area, the vegetation community is characterized as a saline-sarsazan desert, with the projective cover of the plant community (PCLC) being 10 % (Table 4).

The next area, which was planted with saxaul between 2000 and 2002, was found to have a higher vegetation cover compared to other areas (Fig. 8).

Table 4

Projective cover level of vegetation in the eastern part
of the dried Aral Sea bed (N43° 47.0546', E60° 15.9007')

Species	PCLC, %
<i>Halocnemum strobilaceum</i> (Pall.) M.Bieb.	5
<i>Climacoptera lanata</i> (Pall.) Botsch.	2
<i>Caroxylon scleranthum</i> (C.A.Mey.) Akhani & Roalson	2
<i>Suaeda microsperma</i> (C.A.Mey.) Fenzl	1
<i>Calligonum</i> sp.	+
<i>Eremopyrum triticeum</i> (Gaertn.) Nevski	+
<i>Haloxylon ammodendron</i> (C.A.Mey.) Bunge ex Fenzl	+
<i>Atriplex fominii</i> Iljin	+
<i>Salsola paulsenii</i> Litv.	+



Fig. 8. Distribution of vegetation in the eastern part of the dried Aral Sea bed (N43° 59.3149', E60° 16.6137')

In this area, the vegetation community is a mixture of Alhagi and saxaul-sarsazan-saxaul desert, with the projective cover of the plant community being 35 % (Table 5).

In the next area, Haloxylon species were also planted and maintained by the government between 2000 and 2002. After 22 years, the area has developed into a saxaul-dominated desert (Fig. 9).

Table 5

Projective cover level of vegetation in the eastern part
of the dried Aral Sea bed (N43° 59.3149', E60° 16.6137')

Species	PCLC, %
<i>Haloxylon ammodendron</i> (C.A.Mey.) Bunge ex Fenzl	20
<i>Halocnemum strobilaceum</i> (Pall.) M.Bieb.	10
<i>Halostachys caspica</i> (M.Bieb.) C.A.Mey.	5
<i>Tamarix ramosissima</i> Ledeb.	1



Fig. 9. Distribution of vegetation in the eastern part of the dried Aral Sea bed (N43° 67.4337', E60° 17.1723')

In this planted area, the vegetation community is characterized as a *Haloxylon* desert, with the projective cover of the plant community (PCLC) being 55 % (Table 6).

Table 6

Projective cover level of vegetation
in the eastern part of the dried Aral Sea bed
(N43° 67.4337', E60° 17.1723')

Species	PCLC, %
<i>Haloxylon persicum</i> Bunge	55
<i>Tamarix ramosissima</i> Ledeb.	+

Conclusion

As a result of the desiccation of the Aral Sea, sand dunes have formed in its place, and various

plant species have been observed to grow in these areas. Over time, changes in soil salinity, fluctuations in groundwater levels, as well as variations in temperature and precipitation, have resulted in shifts in plant species and their projective cover levels. The projective cover level of vegetation on the dried seabed of the Aral Sea has undergone significant changes. From 1981 to 2024, the projective cover level increased by 31 %, reaching 55 %. Currently, dominant plant species such as *Haloxylon ammodendron* (C. A. Mey.) Bunge ex Fenzl, *Halostachys caspica* (M. Bieb.) C. A. Mey., *Halocnemum strobilaceum* (Pall.) M. Bieb., *Haloxylon persicum* Bunge, and *Caroxylon nitrarium* (Pall.) Akhani & Roalson are widespread. Additionally, human activity has played a significant role in the changes in the vegetation. Various funds and international organizations, along with the Government of Uzbekistan, plant salt- and drought-

resistant species every year across thousands of hectares of land, creating green areas and contributing to the changes in the vegetation. It is important to note that in areas where saxaul forests have grown, the rise in groundwater levels must be prevented.

The groundwater table should be maintained at a critical depth of 2.5–3 meters; otherwise, the saxaul forests, which have been growing for the past 20 years, may be destroyed due to the rise in groundwater levels.

Список литературы

1. Sherimbetov S. G., Pratov U. P., Mukhamedov R. S. Classification of plants in the south drying bottom of the Aral Sea // *Vestnik SPbGU. Seriya 3*. 2015. № 4. P. 39–50.
2. Shomurodov Kh., Rakhimova T., Adilov B. [et al.]. Current state of vegetation of the dried bottom of the Aral Sea // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021. Vol. 629. Article 012085. doi: 10.1088/1755-1315/629/1/012085
3. Adilov B., Habibullo S., Fan L. [et al.]. Changes in plant cover of the Ustyurt Plateau of Central Asia due to the Aral Sea shrinkage // *Journal of Arid Land*. 2021. Vol. 13. P. 71–87. doi: 10.1007/s40333-020-0077-7
4. Song Y., Xun X., Zheng H. [et al.]. Modeling and locating the wind erosion at the dry bottom of the Aral Sea based on an InSAR temporal decorrelation decomposition model // *Remote Sensing*. 2024. Vol. 16, № 10. Article 1800. doi: 10.3390/rs16101800
5. Duan Z., Wang X., Sun L. [et al.]. An insight into effect of soil salinity on vegetation dynamics in the exposed seafloor of the Aral Sea // *Science of The Total Environment*. 2024. Vol. 951. Article 175615. doi: 10.1016/j.scitotenv.2024.175615
6. Song Y., Zheng H., Chen X. [et al.]. Desertification extraction based on a microwave backscattering contribution decomposition model at the dry bottom of the Aral Sea // *Remote Sensing*. 2021. Vol. 13, № 23. Article 4850. doi: 10.3390/rs13234850
7. Issanova G., Abuduwaili J., Tynybayeva K. [et al.]. Soil salinisation as a land degradation process in the dried bed of the north-eastern Aral Sea, Kazakhstan // *Arabian Journal of Geosciences*. 2022. Vol. 15. Article 1055. doi: 10.1007/s12517-022-09627-w
8. Jabbarov Z., Abdrakhmanov T., Makhammadiev S. [et al.]. Shrinking of the Aral Sea: Causes, effects, possibilities of revitalization // *Journal of Scientific Research and Reports*. 2024. Vol. 30, № 12. P. 66–80. doi: 10.9734/jsrr/2024/v30i122651
9. Panin A. V., Ludikova A. V., Sapelko T. V. [et al.]. New data on the Pleistocene history of the Aral Sea-Lake // *Limnology and Freshwater Biology*. 2024. № 4. doi: 10.31951/2658-3518-2024-A-4-568
10. Issanova G., Abuduwaili J., Tynybayeva K. Environmental Conditions of the Aral Sea Region // *Soil Cover of the Dried Aral Seabed in Kazakhstan*. Cham : Springer, 2023. doi: 10.1007/978-3-031-29867-7_2
11. Lioubimtseva E. Impact of climate change on the Aral Sea and its basin // *The Aral Sea*. Springer Earth System Sciences / ed. by P. Micklin [et al.]. Berlin, Heidelberg : Springer, 2014. doi: 10.1007/978-3-642-02356-9_17
12. He H., Hamdi R., Luo G. [et al.]. Numerical study on the climatic effect of the Aral Sea // *Atmospheric Research*. 2022. Vol. 268. Article 105977. doi: 10.1016/j.atmosres.2021.105977
13. Micklin P. The future Aral Sea: hope and despair // *Environmental Earth Sciences*. 2016. Vol. 75. P. 1–15. doi: 10.1007/s12665-016-5614-5
14. Micklin P. The past, present, and future Aral Sea // *Lakes & Reservoirs: Research & Management*. 2010. Vol. 15, № 3. P. 193–213. doi: 10.1111/j.1440-1770.2010.00437.x
15. Micklin P., Aladin N. V., Chida T. [et al.]. The Aral Sea: A story of devastation and partial recovery of a large lake // *Large Asian Lakes in a Changing World*. 2020. P. 109–141. doi: 10.1007/978-3-030-42254-7_4
16. Jabborova D., Abdrakhmanov T., Jabbarov Z. [et al.]. Biochar improves the growth and physiological traits of alfalfa, amaranth and maize grown under salt stress // *PeerJ*. 2023. Vol. 11. Article e15684. doi: 10.7717/peerj.15684
17. Reimov P., Fayzieva D. The present state of the south Aral Sea area // *The Aral Sea: The Devastation and Partial Rehabilitation of a Great Lake*. 2014. P. 171–206.
18. Zhang J., Chen Y., Li Z. [et al.]. Study on the utilization efficiency of land and water resources in the Aral Sea Basin, Central Asia // *Sustainable Cities and Society*. 2019. Vol. 51. Article 101693.
19. Matsui K., Watanabe T., Kussainova M., Funakawa S. Soil properties that determine the mortality and growth of *Haloxylon aphyllum* in the Aral region, Kazakhstan // *Arid Land Research and Management*. 2019. Vol. 33, № 1. P. 37–54.
20. Aili A., Abuduwaili J., Xu H. [et al.]. Cluster analysis of forward trajectory to identify the transport pathway of salt-dust particles from dried bottom of Aral Sea, Central Asia // *Atmosphere*. 2021. Vol. 12, № 6. Article 764. doi: 10.3390/atmos12060764
21. El-Ramady H., Prokisch J., Mansour H. [et al.]. Review of crop response to soil salinity stress: possible approaches from leaching to nano-management // *Soil Systems*. 2024. Vol. 8, № 1. Article 11. doi: 10.3390/soilsystems8010011
22. Hasanuzzaman M., Raihan M. R. H., Masud A. A. C. [et al.]. Regulation of reactive oxygen species and antioxidant defense in plants under salinity // *International Journal of Molecular Sciences*. 2021. Vol. 22, № 17. Article 9326. doi: 10.3390/ijms22179326
23. Methodical Guidelines for Geobotanical Survey of Natural Forage Lands of Uzbekistan. Tashkent : Fan Publishing House, 1980. 170 p.

References

1. Sherimbetov S.G., Pratov U.P., Mukhamedov R.S. Classification of plants in the south drying bottom of the Aral Sea. *Vestnik SPbGU. Seriya 3 = Vestnik of Saint-Petersburg State University. Series 3*. 2015;(4):39–50.
2. Shomurodov Kh., Rakhimova T., Adilov B. et al. Current state of vegetation of the dried bottom of the Aral Sea. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021;629:art.012085. doi: 10.1088/1755-1315/629/1/012085
3. Adilov B., Habibullo S., Fan L. et al. Changes in plant cover of the Ustyurt Plateau of Central Asia due to the Aral Sea shrinkage. *Journal of Arid Land*. 2021;13:71–87. doi: 10.1007/s40333-020-0077-7
4. Song Y., Xun X., Zheng H. et al. Modeling and locating the wind erosion at the dry bottom of the Aral Sea based on an InSAR temporal decorrelation decomposition model. *Remote Sensing*. 2024;16(10):art.1800. doi: 10.3390/rs16101800
5. Duan Z., Wang X., Sun L. et al. An insight into effect of soil salinity on vegetation dynamics in the exposed seafloor of the Aral Sea. *Science of The Total Environment*. 2024;951:art.175615. doi: 10.1016/j.scitotenv.2024.175615
6. Song Y., Zheng H., Chen X. et al. Desertification extraction based on a microwave backscattering contribution decomposition model at the dry bottom of the Aral Sea. *Remote Sensing*. 2021;13(23):art.4850. doi: 10.3390/rs13234850
7. Issanova G., Abuduwaili J., Tynybayeva K. et al. Soil salinisation as a land degradation process in the dried bed of the north-eastern Aral Sea, Kazakhstan. *Arabian Journal of Geosciences*. 2022;15:art.1055. doi: 10.1007/s12517-022-09627-w
8. Jabbarov Z., Abdrakhmanov T., Makhammadiev S. et al. Shrinking of the Aral Sea: Causes, effects, possibilities of revitalization. *Journal of Scientific Research and Reports*. 2024;30(12):66–80. doi: 10.9734/jsrr/2024/v30i122651
9. Panin A.V., Ludikova A.V., Sapelko T.V. et al. New data on the Pleistocene history of the Aral Sea-Lake. *Limnology and Freshwater Biology*. 2024;(4). doi: 10.31951/2658-3518-2024-A-4-568
10. Issanova G., Abuduwaili J., Tynybayeva K. Environmental Conditions of the Aral Sea Region. *Soil Cover of the Dried Aral Seabed in Kazakhstan*. Cham: Springer, 2023. doi: 10.1007/978-3-031-29867-7_2
11. Lioubimtseva E. Impact of climate change on the Aral Sea and its basin. *The Aral Sea. Springer Earth System Sciences*. Berlin, Heidelberg: Springer, 2014. doi: 10.1007/978-3-642-02356-9_17
12. He H., Hamdi R., Luo G. et al. Numerical study on the climatic effect of the Aral Sea. *Atmospheric Research*. 2022;268:art.105977. doi: 10.1016/j.atmosres.2021.105977
13. Micklin P. The future Aral Sea: hope and despair. *Environmental Earth Sciences*. 2016;75:1–15. doi: 10.1007/s12665-016-5614-5
14. Micklin P. The past, present, and future Aral Sea. *Lakes & Reservoirs: Research & Management*. 2010;15(3):193–213. doi: 10.1111/j.1440-1770.2010.00437.x
15. Micklin P., Aladin N.V., Chida T. et al. The Aral Sea: A story of devastation and partial recovery of a large lake. *Large Asian Lakes in a Changing World*. 2020:109–141. doi: 10.1007/978-3-030-42254-7_4
16. Jabborova D., Abdrakhmanov T., Jabbarov Z. et al. Biochar improves the growth and physiological traits of alfalfa, amaranth and maize grown under salt stress. *PeerJ*. 2023;11:art. e15684. doi: 10.7717/peerj.15684
17. Reimov P., Fayzieva D. The present state of the south Aral Sea area. *The Aral Sea: The Devastation and Partial Rehabilitation of a Great Lake*. 2014:171–206.
18. Zhang J., Chen Y., Li Z. et al. Study on the utilization efficiency of land and water resources in the Aral Sea Basin, Central Asia. *Sustainable Cities and Society*. 2019;51:art.101693.
19. Matsui K., Watanabe T., Kussainova M., Funakawa S. Soil properties that determine the mortality and growth of *Haloxylon aphyllum* in the Aral region, Kazakhstan. *Arid Land Research and Management*. 2019;33(1):37–54.
20. Aili A., Abuduwaili J., Xu H. et al. Cluster analysis of forward trajectory to identify the transport pathway of salt-dust particles from dried bottom of Aral Sea, Central Asia. *Atmosphere*. 2021;12(6):art.764. doi: 10.3390/atmos12060764
21. El-Ramady H., Prokisch J., Mansour H. et al. Review of crop response to soil salinity stress: possible approaches from leaching to nano-management. *Soil Systems*. 2024;8(1):art.11. doi: 10.3390/soilsystems8010011
22. Hasanuzzaman M., Raihan M.R.H., Masud A.A.C. et al. Regulation of reactive oxygen species and antioxidant defense in plants under salinity. *International Journal of Molecular Sciences*. 2021;22(17):art.9326. doi: 10.3390/ijms22179326
23. *Methodical Guidelines for Geobotanical Survey of Natural Forage Lands of Uzbekistan*. Tashkent: Fan Publishing House, 1980:170.



DOI 10.21685/2500-0578-2025-2-3

THE ROLE OF THE STEPPE MARMOT IN MAINTAINING THE SPECIES AND STRUCTURAL DIVERSITY OF INTRAFORREST MEADOWS

A.V. Gornov¹, O.I. Evstigneev², E.A. Gavrilyuk³, E.V. Ruchinskaya⁴^{1, 3, 4} Isaev Centre for Ecology and Forest Productivity of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia^{1, 2} Bryansk Forest State Natural Biosphere Reserve, Bryansk Region, Nerussa station, Russia¹ aleksey-gornov@yandex.ru³ egor@ifj.rssi.ru

Abstract. Marmots weren't part of the ecosystems of Bryansk regions for a long time, because they disappeared under the pressure of the plow and uncontrolled hunting. In this area, the first colony of marmot was noticed in 2013 on the gentle slopes of the southern exposure. The aim of the work is to estimate the role of *Marmota bobak* activity for intraforest steppe meadows in the east of the Bryansk region. Route survey showed that plants communities transformed under their activity. Based on geobotanical relevés and statistical analysis, two groups of vegetation were identified in the study area: short-grass and tall-grass meadows. Tall-grass meadows are characterized by low biodiversity indices, because highly competitive grasses dominate the community (*Bromus inermis*, *Calamagrostis epigeios*, *Elytrigia repens* etc.). Small-grass meadows are associated with marmot settlements and are sustained by animal activity. Due to the grazing of dominant grasses, less competitive species can occupy more advantageous positions in the grass stand. The activity of marmots allows plant species of different ecological-coenotic groups to coexist in the meadows. To maintain structural and species diversity of the vegetation cover of intraforest meadows, the following features of marmots' behaviour are important: formation of burrows with fresh throwings, which are characterized by an exposed substrate necessary for seed and vegetative propagation of plants; creation and maintenance of pasture or forage areas near the burrows. The above determines the development of vegetation patches (micro-groupings) in meadows and their spatial redistribution in communities.

Keywords: steppe marmot, marmot's settlement, floristic diversity, small-grass meadow, tall-grass meadow

Financing: the work was carried out within the framework of the topics of the State Budget Isaev Centre for Forestry of the Russian Academy of Sciences "Biodiversity and ecosystem functions of forests" (124013000750-1) and the Bryansk Forest Nature Reserve (1022090100010-8-1.6.20).

For citation: Gornov A. V., Evstigneev O. I., Gavrilyuk E. A., Ruchinskaya E. V. The role of the steppe marmot in maintaining the species and structural diversity of intraforest meadows. Russian Journal of Ecosystem Ecology. 2025;10(2). (In Russ.). Available from: <https://doi.org/10.21685/2500-0578-2025-2-3>

УДК 58.073+ 574.472

РОЛЬ СТЕПНОГО СУРКА В ПОДДЕРЖАНИИ ВИДОВОГО И СТРУКТУРНОГО РАЗНООБРАЗИЯ ВНУТРИЛЕСНЫХ ЛУГОВ

А. В. Горнов¹, О. И. Евстигнеев², Е. А. Гаврилюк³, Е. В. Ручинская⁴^{1, 3, 4} Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов имени А. С. Исаева РАН, Москва, Россия^{1, 2} Государственный природный биосферный заповедник «Брянский лес», Брянская область, Россия¹ aleksey-gornov@yandex.ru³ egor@ifj.rssi.ru

Аннотация. Сурки долгое время не входили в экосистемы Брянской области, поскольку исчезли под давлением распахки и неконтролируемой охоты. На этой территории первая колония сурков была отмечена в 2013 г. на пологих склонах южной экспозиции. Цель работы – оценить роль байбака для внутрилесных степных лугов на востоке Брянской области. Маршрутное обследование показало, что под влиянием байбака происходит трансформация растительных сообществ. На основании геоботанических описаний и статистического анализа на исследуемой территории выделены две группы растительности: низкотравные и высокотравные луга. Высокотравные луга характеризуются низкими показателями биоразнообразия, поскольку в сообществе доминируют высококонкурентные злаки (*Bromus inermis*, *Calamagrostis epigeios*, *Elytrigia repens* и др.). Мелкотравные луга связаны с поселениями сурков и поддерживаются деятельностью животных. За счет выедания доминирующих злаков менее конкурентные виды могут занимать более выгодные позиции в травостое. Активность сурков позволяет видам растений разных эколого-ценотических групп сосуществовать на лугах.

Для поддержания структурного и видового разнообразия растительного покрова внутрилесных лугов важны следующие особенности поведения сурков: формирование нор со свежими выбросами, которые характеризуются обнаженным субстратом, необходимым для семенного и вегетативного размножения растений; создание и поддержание вблизи нор пастбищных или кормовых участков. Все это определяет развитие на лугах участков растительности (микрорасселений) и их пространственное перераспределение в сообществах.

Ключевые слова: степной сурок, поселение сурка, флористическое разнообразие, мелкотравный луг, высокотравный луг

Финансирование: работа выполнена в рамках тем ЦЭП РАН «Биоразнообразие и экосистемные функции лесов» (124013000750-1) и заповедника «Брянский лес» (1022090100010-8-1.6.20).

Для цитирования: Горнов А. В., Евстигнеев О. И., Гаврилюк Е. А., Ручинская Е. В. Роль степного сурка в поддержании видового и структурного разнообразия внутрилесных лугов // Russian Journal of Ecosystem Ecology. 2025. Vol. 10 (2). <https://doi.org/10.21685/2500-0578-2025-2-3>

Introduction

The steppe marmot (*Marmota bobak* Müll.), or baibak is one of the powerful ecosystem engineers (environmental changers) of steppes and steppe meadows [1–3]. Previously, the species was widely spread in the pastureland ecosystems of the Russian Plain. However, under the pressure of the plow and uncontrolled hunting by the beginning of the twentieth century, the small animal had begun to massively disappear [4–6]. As a result, programs for the reintroduction of the marmot have been developed [7, 8]. The scale of the settlement of the baibak in 1977–1990 of the previous century seems to be impressive: only in Russia about 42,000 animals were settled in more than 375 geographical locations [9]. Owing to that and their natural distribution, the animals have reappeared in some regions [5, 10, 11]. Within natural ecosystems, the activity

of the baibak reveals itself in two ways: on the one hand, it belongs to the main consumers of plant products [12–14], but on the other hand, it refers to the ecological group of fossorial animals [15–17]. By consuming plants as food, marmots extract part of the biomass of grass communities. By burrowing and renewing the burrows, baibaks mix and throw soil material onto the surface. In this regard, the aim of the work is to show the role of the marmot in the formation and sustenance of structural and species diversity of the vegetational cover of steppe meadows.

Materials and methods

The material was collected in 2018–2023 in the east of the Bryansk region in the Karachevsky physiographic area (Fig. 1). Here, in 2013, a settlement of marmots was discovered in the steppe intraforest meadows [18].

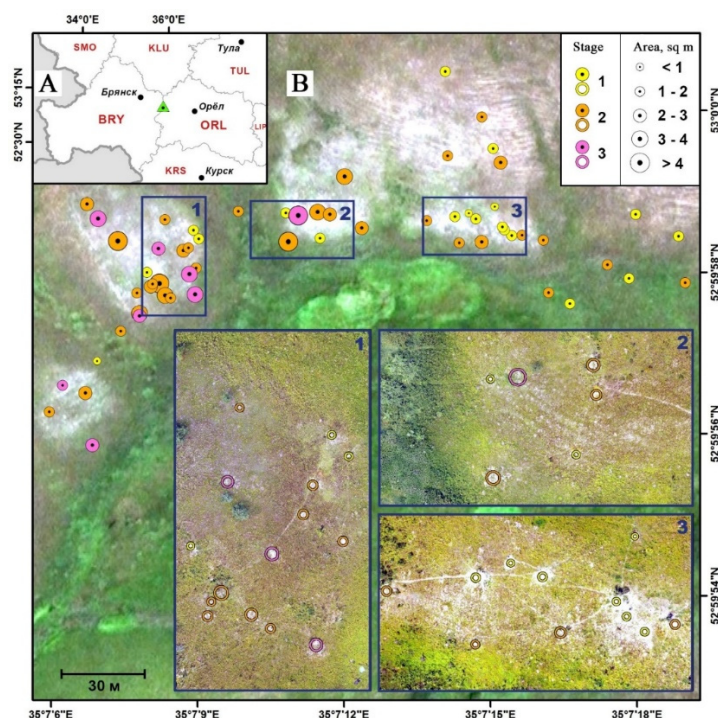


Fig. 1. Settlement of marmots in the Bryansk region:
A – spatial location; B – detailed cartography; 1, 2, 3 – marmots' burrows of different sizes and stages.
The designations of the countries and regions in the inset are given according to ISO 3166

It is located on the gentle slopes of the southern exposure. Apparently, the animals settled on the territory of the Bryansk region from the neighbouring Oryol region, where in the 1980s the restoration work on the marmot population was in progress. More than 1,000 animals were released in the region [19]. Palaeontologists indicate that the marmot was spread on the territory of the Bryansk region in the Late Pleistocene [20]. The nearest Palaeolithic site of Betovo, in the sediments of the cultured layers of

which many bones and whole skeletons of baibaks were found, is located only 70 km away from the settlement under study.

The steppe marmot (Fig. 2) is one of the largest representatives of the order of rodents (*Rodentia*). There are animals weighing up to 10 kg and more. The body length of adult males reaches 70 cm, and females – 65 cm. The animals have short and strong paws well adapted to burrowing activities [21, 22].



Fig. 2. The steppe marmot, or baibak (*Marmota bobak*) in the Bryansk region. At the top there is a drawing by Shut G.V. based on the photo by Gornov A.V.

They inhabit open landscapes, avoiding places overgrown with tall dense grass and shrubs. This is determined by several reasons. Firstly, such territories are characterized by low food attractiveness for

marmots. It is known that tall-grass meadows formed on abandoned lands are characterized by low floristic diversity [23–25] and, therefore, have a narrow composition of plants suitable for food.

Secondly, it is believed that high and dense thickets impair the view and prevent the animals from seeing the approaching danger [22]. Some studies have shown that in the modern biogeocenotic cover, the most suitable conditions for marmots are created on livestock pastures [26, 27]. Animal settlements, due to the widespread ploughing of interfluvial plains, are often confined to inconveniences – the slopes of ravines and gullies. In pre-agricultural landscapes, marmots apparently lived on the pastures created by large herd ungulates: mammoths, giant deer, primitive bison, woolly rhinoceroses, bison, horses, tar-pans, etc. [28–30]. During excavations, palaeontologists find the bones of these animals arranged together [20, 31, 32]. The marmot was listed in the Red Book of Russia (from 1983 to 1998), but the species was excluded as having regained its numbers. Currently, the animal is protected in many regions, where it has a different status [33].

As a result of the route survey of the territory occupied by the settlement of marmots, two types of communities have been identified: meadows with a predominance of short grasses and meadows with a dominance of tall grasses. The first type of the communities is characterized by pronounced intra-coenotic horizontal heterogeneity associated with trophic and burrowing activity of the animals, and the second one – by the absence of zoogenic microsites. Geobotanical studies of the communities of the marmot settlement have been carried out. In each type of the community, 8 relevés have been made at the sites of 25 square meters in size, a total of 16 relevés. The names of the plants are given according to the database Plants of the World Online [34]. The abundance of species in the communities has been assessed on the scale by J. Broun-Blanquet [35]. Based on the descriptions, the occurrence of species, species richness of vascular plants, species density, distribution of plants by ecological-coenotic groups and life forms have been defined. Species richness has been defined as the total number of species at all the sites that belong to the same type of communities. Species density is the arithmetic average number of species at the sites of a fixed size obtained from all the relevés of one variant of the communities [36]. Ecological-coenotic groups (ECGs), in accordance with the ideas of A.A. Nitsenko [37], are considered to be large groups of ecologically close species that in their genesis are associated with certain types of communities. At the same time, the classification of species according to ECGs developed for European Russia has been used [38]. The ecological and morphological classification of I.G. Serebryakov [39] has been used in the analysis of plant life forms. The ratio of species in microgroups by ECGs and life forms has been determined from the general list of plants

found at all the sites of the same type of communities. Additionally, the features of the marmots' activity were assessed by observing the animals with field binoculars and the data from "ScoutGuard" camera traps installed at residential burrows.

The statistical analysis of differences in the species composition of communities was performed based on Random forests [40]. We built a statistical model, where species abundance values were treated as independent variables, to classify the collected relevés into two respective communities. Overall classification accuracy (the sum of the diagonal values of the error matrix divided by the total sample size) and Cohen's kappa [41], both estimated on out-of-bag model predictions, were utilized as the integral separability measures. We used *ranger* package [42] in the R environment [43] as a fast and versatile Random forests program realization.

The mapping of the marmot settlement has been carried out based on combination of in-field and remote sensing data. Ground mapping being used, elements of horizontal heterogeneity of the settlement under study were recorded using the Garmin GPSMAP navigator. The coordinates and sizes of marmots' burrows were noted. Additionally, aerial photography of the settlement was carried out from a height of 30 meters using unmanned aerial vehicle (UAV) DJI Phantom. Based on the UAV images, Agisoft Photoscan specialized software being used, an orthophotoplan of a marmot colony with a spatial resolution of 2.5 cm was obtained. Using the overlay of the ground data on the orthophotoplan, a detailed map-scheme of the settlement under study was compiled (Fig. 1).

Results

Two types of communities have been identified on the territory of the marmot settlement under study: tall-grass and short-grass meadows. The first type of communities develops in the areas with minimal impact of baibaks and is characterized by the absence of zoogenic microsites. The second type of coenoses is formed in the areas where animals graze, dig and renew burrows. It is characterized by pronounced intra-coenotic horizontal heterogeneity – mosaicism. The analysis of the measurement proximity matrix, obtained during the training of the Random forest classification model, has revealed a perfect separability in terms of species abundance for the communities under study (Fig. 3,A). Hence, the overall classification accuracy was 100 % (with kappa equals to 1.0). Moreover, the abundance indicators of only nine species ensured complete separability of classes (Fig. 3,B).

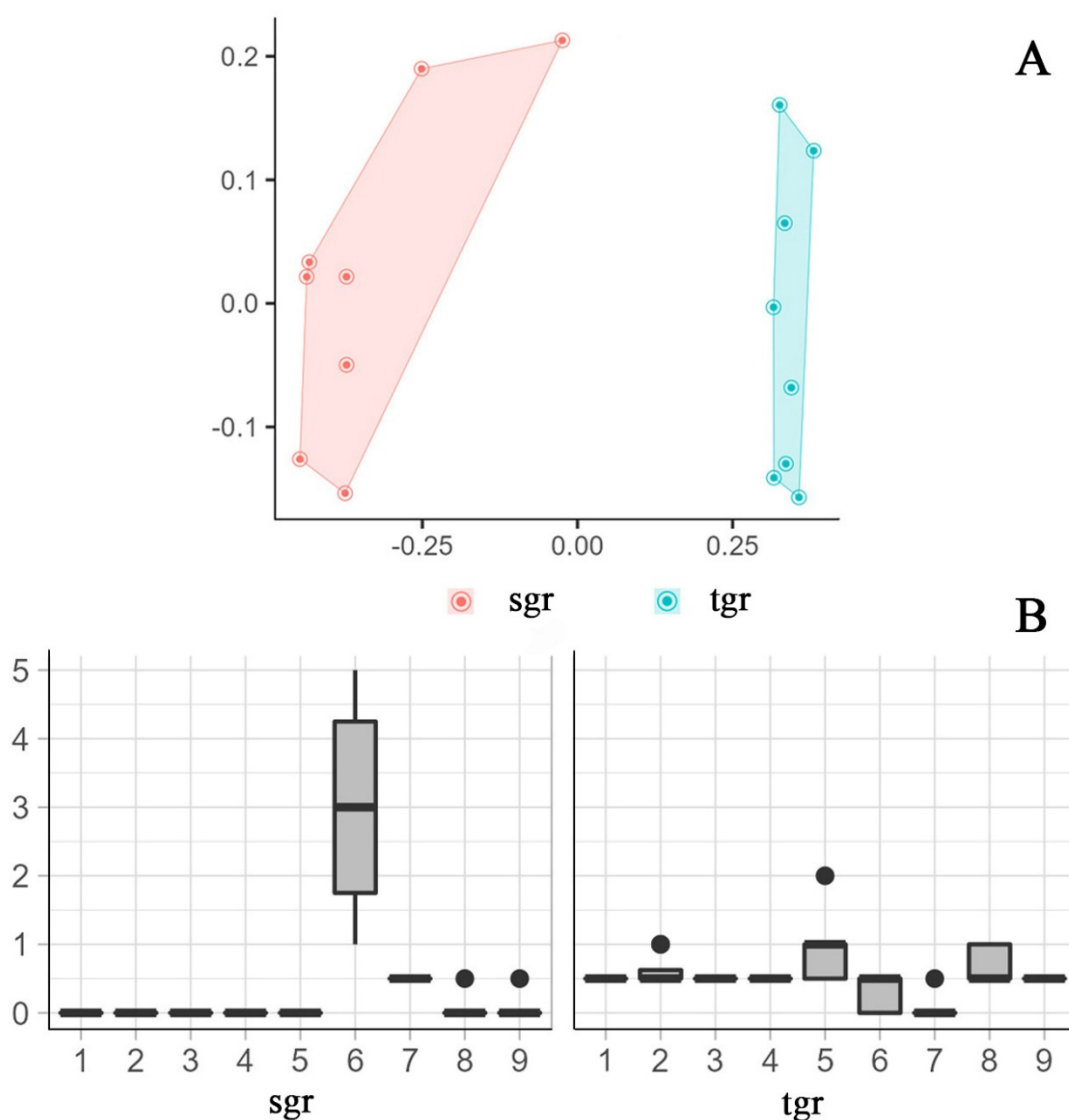


Fig. 3. Diagrams of the statistical analysis of plant communities of the marmot settlement. Communities: sgr – short-grass meadows; tgr – tall-grass meadows: A – diagram of separability of plant communities of the marmot settlement (2D-projection of Random forest proximity matrix). The dots indicate the initial belonging of the descriptions to the communities, the circles indicate the results of classification; B – diagrams of the distribution of abundance indicators of the most significant plant species in the communities of the marmot settlement. Species are marked on the abscissa axis, and species abundance values on the scale by J. Broun-Blanquet are marked on the ordinate axis. Plant species: 1 – *Knautia arvensis*; 2 – *Medicago lupulina*; 3 – *Allium oleraceum*; 4 – *Polygala comosa*; 5 – *Nonea pulla*; 6 – *Bromus inermis*; 7 – *Vicia cracca*; 8 – *Leucanthemum vulgare*; 9 – *Euphorbia esula*

Short-grass meadows, or short grass. In the meadows where marmots graze, dig and renew their burrows, herbs and small grasses co-dominate: *Agrimonia eupatoria*, *Fragaria viridis* Weston, *Pilosella officinarum* F.W. Schultz & Sch.Bip., *Poa angustifolia*, *Salvia pratensis* L., etc. (Fig. 4,A,B). These communities are characterized by pronounced horizontal heterogeneity, relatively sparse and low grass cover, as well as significant indicators of floristic diversity. Species density reaches 42 species of vascular plants per area of 25 square meters, 38–47 species on each site, and species richness is 80 species. At the same time, in the ecological-coenotic structure of the meadow, there are species

of contrasting groups: dry-meadow (*Cichorium intybus*, *Fragaria viridis*, *Poa angustifolia*, etc.), wet-meadow (*Dactylis glomerata*, *Galium mollugo*, *Vicia cracca* L., etc.), nemoral (*Fraxinus excelsior* L., *Malus sylvestris* (L.) Mill., *Platanthera bifolia* (L.) Rich., etc.), nitrophilous (*Arctium lappa* L., *Solanum dulcamara* L., *Urtica dioica* L.) and piny group (*Pinus sylvestris* L.).

Tall-grass meadows, or tall grass. In the areas where marmots have no impact or it is minimum, grasses (*Arrhenatherum elatius* (L.) P. Beauv. ex J. Presl & C. Presl, *Bromus inermis* Leyss., *Dactylis glomerata* L., *Poa angustifolia* L., etc.) and some species of herbs (*Agrimonia eupatoria* L.,

Cichorium intybus L., *Galium mollugo* L., etc.) co-dominate. These plants develop their competitive properties without regular grazing and burrowing activity of baibaks and reach maximum sizes (Fig. 5, A, B; Table 1). The species density is only 26 species of vascular plants per area of 25 square meters, 22–29 species on each site, and the species richness is 53 species. In the ecological-coenotic structure of tall grass, dry-meadow grasses

of different life forms predominate. Among them, the most common grasses are short-rhizome (*Centaurea jacea* L., *Cirsium vulgare* (Savi) Ten., *Hieracium umbellatum* L., *Jacobaea vulgaris* Gaertn., *Leontodon hispidus* L., etc.) and taproot grasses (*Artemisia vulgaris* L., *Cichorium intybus*, *Picris hieracioides* L., *Pimpinella saxifraga* L., etc.) (Table 1). Most of the listed types are characterized by low indicators of projective coverage.

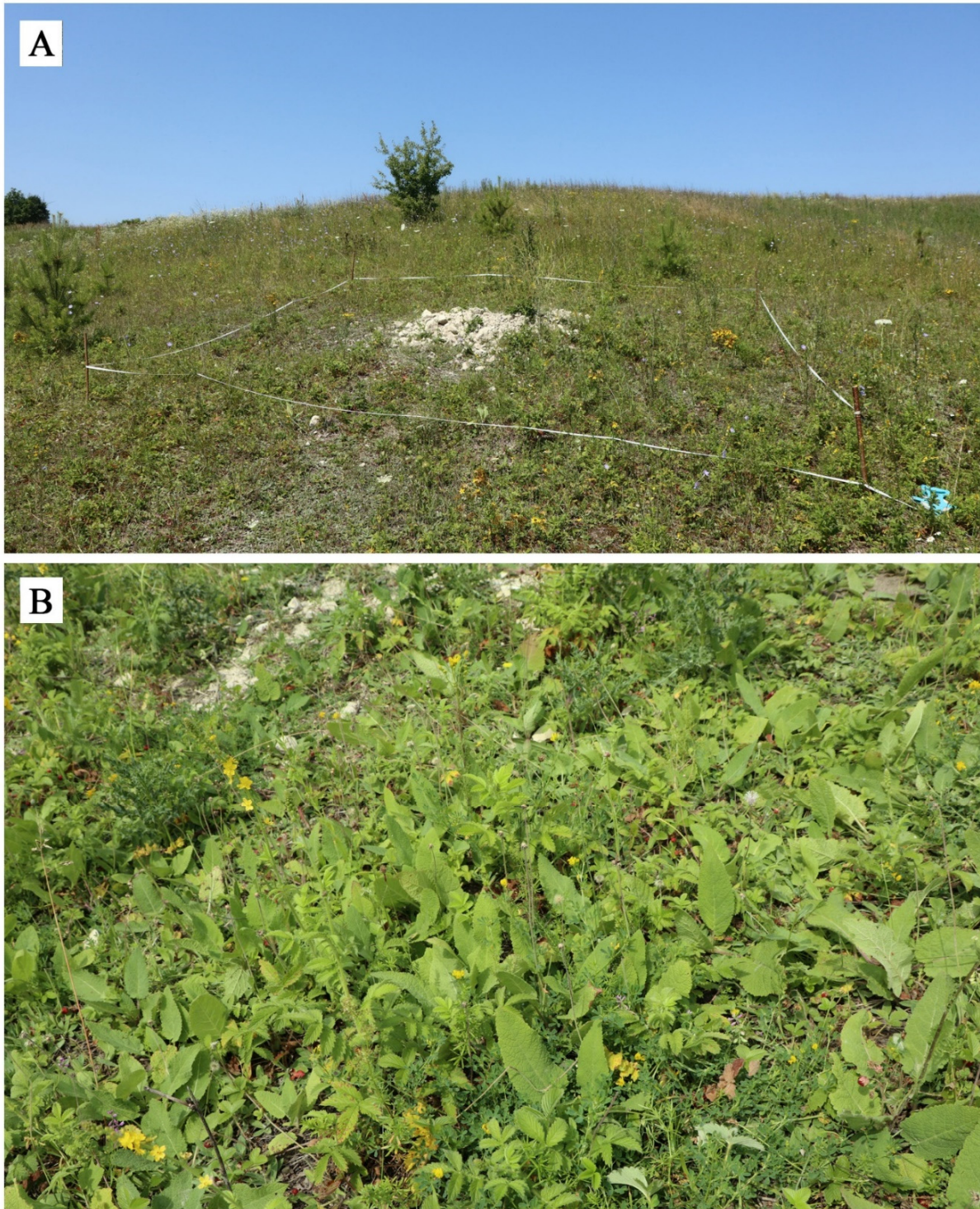


Fig. 4. Short-grass meadows of the marmot settlement:
A – general view of a short-grass meadow with a laid geobotanical site;
B – plot with *Agrimonia eupatoria*, *Fragaria viridis*, *Salvia pratensis*, etc.

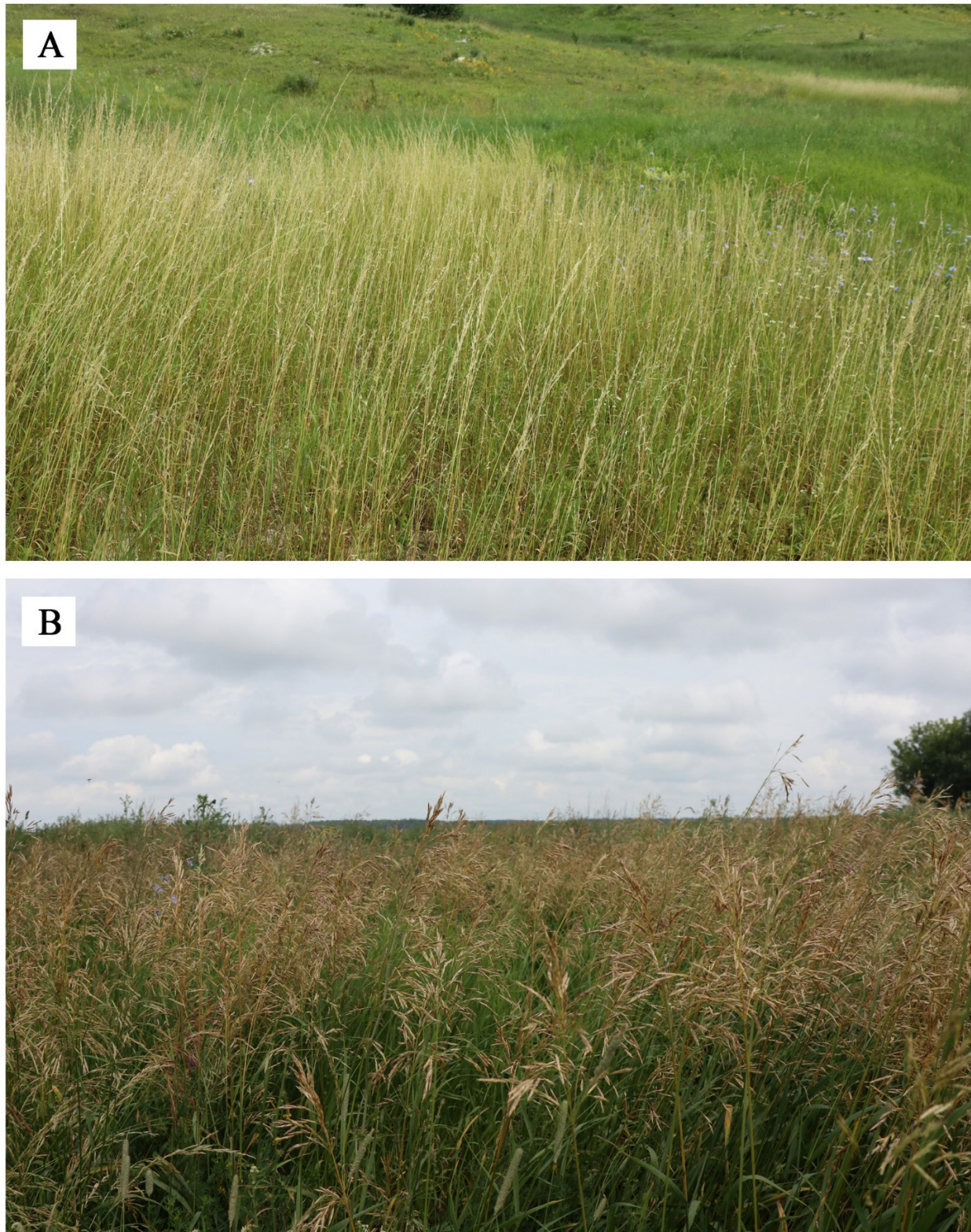


Fig. 5. Tall-grass areas of the meadow with a predominance of *Arrhenatherum elatius* (A) and *Bromus inermis* (B)

Table 1

Characteristics of the marmot settlement grass cover

Characteristics	Short-grass meadows	Tall-grass meadows
1	2	3
Grass layer coverage, %	70–75	90–100
Grass stand height 1, cm	10–20	40–60
Grass stand height 2, cm	80–120	130–160

End of Table 1

1	2	3
Number of species (and percentage) of different ecological-coenotic groups		
Piny	1 (1)	–
Wet-meadow	9 (11)	6 (11)
Nemoral	5 (6)	–
Dry-meadow	62 (78)	47 (89)
Nitrophilous*	3 (4)	–
Number of species (and percentage) of different life forms according to I. G. Serebryakov		
Tree, shrub	7 (9)	–
Long-rhizome	15 (19)	9 (17)
Root sucker	3 (4)	4 (8)
Short-rhizome	18 (23)	15 (28)
Bulbous	2 (3)	–
Caespitose	6 (8)	6 (11)
Taproot	29 (36)	19 (36)
Number of species (and percentage) of plants considering a specimen's lifespan		
Perennial	65 (81)	44 (83)
Annual, biennial	15 (19)	9 (17)

Note: * species of black-alder forest and black-alder forest-fringe groups are combined into nitrophilous.

On the other hand, *Bromus inermis* as one of the dominate species in tall-grasses meadows, rapidly loses positions in short-grass meadows. It makes cover and abundance of *Bromus inermis* the most informative variable for statistical classification.

Discussion

Observation of grazing marmots showed that the basis of the animals' diet consists of fresh, the most moisture-retaining vegetative parts of herbs. Most researchers pay attention to the fact that the species composition of grasses eaten by baibaks is diverse and determined by the flora of their habitats [44–46]. In the meadows studied at the beginning of the season, marmots massively eat young shoots of graminoids (*Arrhenatherum elatius*, *Bromus inermis*, *Dactylis glomerata*, *Phleum pratense* L., *Poa angustifolia*, etc.) and sedges (*Carex hirta* L., *C. spicata* subsp. *spicata*). It is known that spring grazing promotes enhanced shoot formation in graminoids and sedges. It is carried out due to the outflow of nutrients from the underground organs of plants [47]. Therefore, regular early alienation of green parts of grasses leads to a decrease in their productivity, size and projective coverage in the community. Among the listed grasses, only *Poa angustifolia* co-dominates in the grass stand, since it is the most resistant to pasture load and has a high renewable ability. *Poa angustifolia* withstands grazing well because the growth zone of its generative shoots (a panicle hidden in a tube from the sheaths of leaves) is located relatively low [48], and marmots bite off the upper parts of plants. After grazing, the growth zone of generative shoots, as a rule, is not damaged, and they continue to grow. As a result, the grass does not have to spend plastic substances on the formation of new shoots instead

of the cut ones, and it does not reduce productivity. At the same time, the high competitive power of *Poa angustifolia* coenopopulations is achieved due to a significant renewable capacity: several axillary buds are formed in the tillering zone of one vegetative shoot, from which new orthotropic and plagiotropic shoots develop. As a result, a close mesh is created, consisting of partial bushes (fixing centres) and communications in the form of rhizomes. Over time, in the meadows under study, actively vegetating grasses are included in the diet of marmots: *Cichorium intybus*, *Daucus carota* L., *Fragaria viridis*, *Leucanthemum vulgare* Lam., *Plantago lanceolata* L., *Pilosella officinarum*, *Salvia pratensis*, etc. In addition to vegetative organs, baibaks willingly eat the upper parts of generative shoots with flowers, unripe fruits and seeds. This reduces the height of plants and gives a competitive advantage to those species that have well-developed basal leaves: *Fragaria viridis*, *Pilosella officinarum*, *Salvia pratensis*, etc. It is not without reason that they have the maximum values of projective coverage and occurrence in the feeding areas. Later than other plants, with the beginning of blooming, marmots begin to feed on legumes: *Chamaecytisus ruthenicus* (Fisch. ex Wol.) Klásk., *Genista tinctoria* L., *Medicago lupulina* L., *Trifolium pratense* L., *Vicia cracca*, etc. In the settlement of baibaks, there are areas dominated by *Chamaecytisus ruthenicus*. While grazing, the animals do not eat the plants entirely, but consume only parts of them. At the same time, grazing marmots are not at the same place, cutting off all the plants in a row, but all the time they move around the feeding area in search of suitable food. Such feeding behaviour of the animals was also noted by other authors [21]. Selective feeding of marmots preserves part of the plants from grazing, and changing the diet during the vegetation

period enables bitten shoots to grow, in which the growth zone is not damaged, and to form new ones from dormant buds. The ability to grow or give new generations of shoots after mowing or grazing during the same vegetation period is called regrow capacity of plants [49]. According to some researchers, the animals can take from 2 to 8 % of the harvest of the aboveground phytomass of the community which they inhabit [50]. However, when converted to the area of the feeding plots, the value increases to 40 % [44].

The marmot also belongs to the ecological group of burrowing animals [13, 15]. The animals spend a significant part of their lives in their underground shelters – nesting and protective burrows [16]. When digging and renewing burrows, baibaks throw soil material onto the surface. As a result, flat-topped mounds are formed – burrows (Fig. 6, A, B), which are characterized by special ecological conditions.

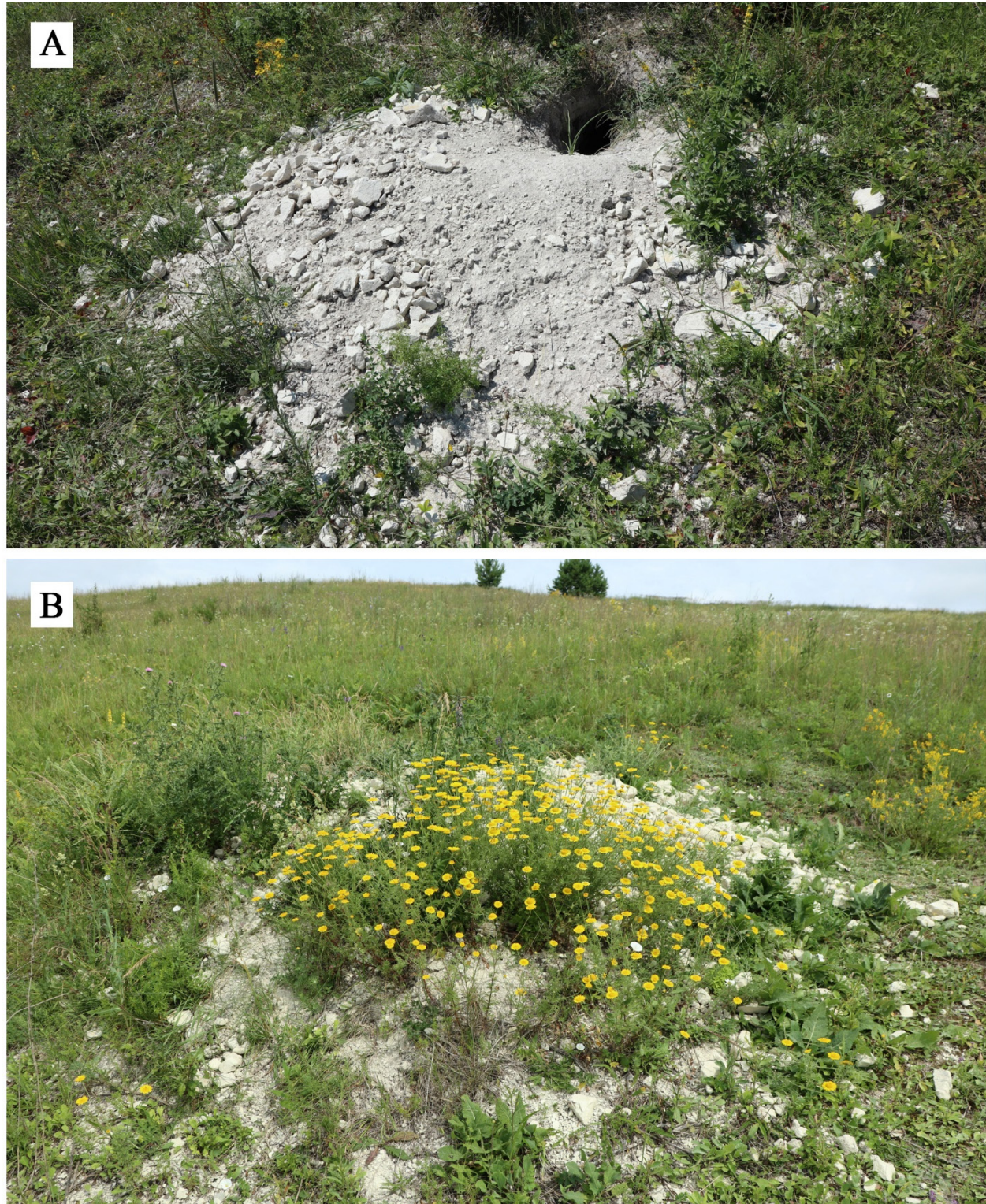


Fig. 6. Burrows with fresh (A) and partially overgrown (B) throwings

The free space of fresh throwings contributes to the active root take of grasses propagating by seeds. Therefore, there is a high participation of annual and biennial plants (*Arenaria serpyllifolia* L., *Carduus nutans* L., *Carlina biebersteinii* Bernh. ex Hornem., *Clinopodium acinos* (L.) Kuntze, *Daucus carota*, *Erigeron canadensis* L., *Myosotis arvensis* (L.) Hill, etc.), most of which belong to the group of field-weed plants. Such grasses in natural ecosystems can carry out their life cycle due to zoogenic disturbances of the ground cover. M. S. Gilyarov was one of the first to note this feature [51, 52]. He showed that field-weed grasses are permanent components of the virgin steppe, confined to soil throwings near the holes of rodent burrows. Diaspores of plants get to a burrow in different ways: anemochoric and zoochoric. The soil towering above the surface, exposed and mixed by marmots, dries up quickly. This determines the absolute dominance of dry-meadow tap-root grasses at the burrows: *Artemisia campestris* L., *Carduus nutans*, *Cichorium intybus*, *Pimpinella saxifraga*, *Salvia pratensis*, etc. They form a well-developed, lifelong, often storing main root, which can penetrate deeply into loose aerated soil and provide plants with moisture. Vegetative-mobile species are also widely represented at the burrows: *Achillea millefolium* L., *Campanula rapunculoides* L., *Convolvulus arvensis* L., *Euphorbia esula* L., *Pilosella officinarum*, *Poa angustifolia*, etc. These plants appear at the burrows in two ways. Firstly, long-rhizome and root sucker grasses buried by soil material make their way through a burrow, and secondly, they are actively introduced to burrows from the surrounding grass stand. Besides, baibaks create small digs (holes) in the ground cover of meadows. Plants propagating by seeds can take root in them. For instance, juvenile and immature specimens of *Fraxinus excelsior* and *Pinus sylvestris* were found in the old holes.

Short-grass meadows supported by marmots attract animals of different systematic and functional groups. Thus, the pastures of baibaks with green after-grass are visited by ungulates, and the burrows – by carnivorous mammals and birds. These animals supply diaspores of plants from surrounding communities to the meadow. So, ungulates could have brought to the meadow *Malus sylvestris*, *Pyrus communis* L., *Urtica dioica*, etc., carnivorous mammals – *Solanum dulcamara*, and birds – *Frangula alnus* Mill. In addition, owing to the grazing of marmots, meadows do not accumulate litter and dry grass, which are known to lead to a high fire danger of unused land [53, 54]. During the research (2018–2023), no traces of fire have been recorded in the marmot settlement. However, in the surrounding abandoned meadows overgrown with tall grass, fires occur regularly.

Large grasses *Arrhenatherum elatius*, *Bromus inermis*, *Dactylis glomerata* form numerous tall and

foliated aboveground vegetative and generative shoots in the absence or minimal activity of marmots. In addition, the *Bromus inermis* develops long creeping rhizomes with numerous roots and a large supply of buds in the tillering nodes, and *Arrhenatherum elatius* and *Dactylis glomerata* – loose caespitose with a powerful root system. Due to the significant photosynthetic surface, the above-mentioned grasses accumulate a sufficient supply of plastic substances in underground organs. This gives them a competitive advantage: they begin vegetation faster than many plants in early spring and actively occupy a dominant position in communities. Overgrown grasses form closed coenotic groupings, the high grass stand of which deprives lower plants of the light, and heavy sod reduces soil aeration and absorbs precipitation before it reaches the deep roots of various grasses. The above leads to the gradual displacement of weakly competitive heliophilous meadow plants from the community. For example, by the time of the research, many plant species (*Allium oleraceum* L., *Knautia arvensis* (L.) Coult., *Medicago lupulina*, *Nonea pulla* (L.) DC., *Polygala comosa* Schkuhr, etc.), which have relatively high rates of occurrence in short-grass communities, were not noted in tall-grass meadows. In this regard, tall-grass meadows are characterized by low indicators of floristic diversity.

Conclusion

As a result of trophic and burrowing activities, the common marmot, or baibak, turns tall-grass thickets into short-grass meadows, maintains a rich floristic and structural diversity, determines the mixed nature of the flora of communities (species of different ECG grow together), and also restrains destructive fires. To maintain structural and species diversity of the vegetation cover of meadows, the following features of marmots' behaviour are important: formation of burrows with fresh throwings, which are characterized by an exposed substrate necessary for seed and vegetative propagation of plants; creation and maintenance of pasture or forage areas near the burrows. The above determines the development of vegetation patches (micro-groupings) in meadows and their spatial redistribution in communities. Unfortunately, under the onslaught of the plow and uncontrolled hunting, the baibak has become extremely rare in most regions, and the surviving populations are often small. Therefore, protection and restoration of baibak populations should be systemic in nature. First of all, it is necessary to prevent plowing of land with marmot settlements and create regional specially protected natural territories there, as well as to prevent destructive poaching.

Список литературы

1. Сурки. Биоценотическое и практическое значение / сост.: И. П. Герасимов, Р. П. Зими́на, Р. И. Злю́тин [и др.]. М. : Наука, 1980. 222 с.
2. Абатуров Б. Д. Млекопитающие как компонент экосистем (на примере растительных млекопитающих в полупустыне). М. : Наука, 1984. 286 с.
3. Valkó O., Tölgyesi C., Kelemen A. [et al.]. Steppe Marmot (*Marmota bobak*) as ecosystem engineer in arid steppes // Journal of Arid Environments. 2021. Vol. 184. doi: 10.1016/j.jaridenv.2020.104244
4. Кириков С. В. Исторические изменения в размещении байбака (XVII–XIX вв. и первая треть XX в.) // Сурки. Биоценотическое и практическое значение. М., 1980. С. 24–31.
5. Биби́ков Д. И., Дежкин А. В., Румянцев В. Ю. История и современное состояние байбака в Европе // Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел биологический. 1990. Т. 95, вып. 1. С. 15–30.
6. Tsytsulina K., Zagorodnyuk I., Formozov N., Sheftel V. *Marmota bobak* (errata version published in 2017). The IUCN Red List of Threatened Species 2016. e.T12830A115106780. doi: 10.2305/IUCN.UK.2016-3.RLTS.T12830A22258375.en
7. Дежкин А. В., Тихонов А. А. Методические рекомендации по расселению степного сурка в РСФСР. М. : ЦНИЛ Главохоты, 1987. 15 с.
8. Бландлер О. В., Вербальд А. М., Власова О. П. Второй этап реинтродукции степного сурка в Центрально-черноземном заповеднике // Степной бюллетень. 2015. № 43–44. С. 63–66.
9. Румянцев В. Ю., Биби́ков Д. И., Дежкин А. В., Дудкин О. В. Сурки Европы: история и современное состояние // Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел биологический. 1996. Т. 10, вып. 1. С. 3–18.
10. Румянцев В. Ю., Ермаков О. А., Ильин В. Ю. [и др.]. К истории и современному состоянию степного сурка (*Marmota bobak* Müll.) в Пензенской области // Аридные экосистемы. 2012. Т. 18, № 2 (51). С. 62–73.
11. Андрейчев А. В., Жалилов А. Б., Кузнецов В. А. Состояние локальных популяций степного сурка (*Marmota bobak*) в республике Мордовия // Зоологический журнал. 2015. Т. 94, № 6. С. 723–730.
12. Ронкин В. И. Особенности питания степного сурка (*Marmota bobak* Mull.) на северо-востоке Украины : дис. ... канд. биол. наук. М., 2003. 186 с.
13. Davidson A. D., Detling J. K., Brown J. H. Ecological roles and conservation challenges of social, burrowing, herbivorous mammals in the world's grasslands // Frontiers in Ecology and the Environment. 2012. Vol. 10 (9). P. 477–486.
14. Силаева Т. Б., Андрейчев А. В., Шкулев А. А., Жалилов А. Б. Влияние роющей активности степного сурка (*Marmota bobak*) на флористический состав степных участков юго-востока Нижегородской области // Вестник Оренбургского государственного педагогического университета. Электронный научный журнал. 2023. № 2 (46). С. 114–128. URL: http://vestospu.ru/archive/2023/articles/8_46_2023.pdf doi: 10.32516/23039922.2023.46.8
15. Formosov A. N. Adaptive modifications of behavior in mammals of the Eurasian steppes // Journal of Mammalogy. 1966. Vol. 47 (2). P. 208–223.
16. Токарский В. А. Строение зимовочных нор европейского подвида степного сурка (*Marmota bobak bobak*, *Rodentia*, *Sciuridae*) // Зоологический журнал. 2008. Т. 87, № 9. С. 1148–1152.
17. Лутовина Е. Е., Федоренко О. Н. Экология и средообразующая деятельность степного сурка (*Marmota bobak* Mull.) в степях Южного Урала. Оренбург, 2010. 136 с.
18. Sitnikova E., Gornov A. Findings of *Marmota bobak* in the Bryansk region // Abstract list for the 7th international conference on the genus *Marmota* «Marmots of the Old and New World». Ulaanbaatar, 2018. P. 44–45.
19. Вышегородских Н. В. Сурок-байбак // Красная книга Орловской области Грибы. Растения. Животные. Орел, 2007. С. 228–229.
20. Галкина Л. И., Тютюкова Л. А. Позднеплейстоценовый степной сурок *Marmota bobac* Muller из состава «лемминговой фауны» средней Десны // Труды Зоологического института АН СССР. 1986. Т. 156. С. 143–156.
21. Биби́ков Д. И. Сурки. М., 1989. 285 с.
22. Смирин В. М. Байбак или степной сурок // Портреты степных зверей Европы и Северной Азии. М. : ЦОДП, 2008. С. 55–59.
23. Горнов А. В. Влияние сенокосения на состояние ценопопуляций *Filipendula ulmaria* (*Rosaceae*) – доминанта влажных лугов Брянской области // Ботанический журнал. 2015. Т. 100, № 10. С. 1077–1091.
24. Ермакова И. М., Сугоркина Н. С. Мониторинг растительности Залидовских лугов Калужской области. М. : МПГУ, 2016. Ч. 3. 240 с.
25. Евстигнеев О. И., Горнов А. В. Заповедный луг: итоги тридцатилетнего мониторинга // Russian Journal of Ecosystem Ecology. 2021. Т. 6, № 2. С. 1–24.
26. Токарский В. А., Ронкин В. И., Савченко Г. А. Сельскохозяйственная деятельность человека как ключевой фактор колебания численности европейского подвида степного сурка // Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел биологический. 2008. Т. 113, вып. 1. С. 48–52.
27. Savchenko G., Ronkin V. Grazing, abandonment and frequent mowing influence persistence of Steppe Marmot, *Marmota bobak* // Hacquetia. 2018. Vol. 17 (1). P. 25–34.
28. Пидопличко И. Г. О ледниковом периоде. Выпуск II. Биологические и географические особенности европейских представителей четвертичной фауны. Киев, 1951. 264 с.

29. Пучков П. В. Некомпенсированные вымирания в плейстоцене: предполагаемый механизм кризиса. Киев, 1989. 60 с.
30. Буровский А. М., Пучков П. В. Вымирания плейстоценовой мегафауны и их следствия: рукотворный или «чисто природный» процесс // *Stratum plus. Археология и культурная антропология*. 2013. № 1. С. 167–268.
31. Пидопличко И. Г. О ледниковом периоде. Выпуск III. История четвертичной фауны Европейской части России. Киев, 1954. 220 с.
32. Алексеева Л. И. Териофауна верхнего плейстоцена Восточной Европы (крупные млекопитающие). М., 1989. 109 с.
33. Бландлер О. В., Власов А. А. Состояние степного сурка в Центрально-черноземном регионе // *Степной бюллетень*. 2012. № 34. С. 50–55.
34. The Plants of the World Online. URL: <http://plantsoftheworldonline.org>
35. Миркин Б. М., Розенберг Г. С., Наумова Л. Г. Словарь понятий и терминов современной фитоценологии. М., 1989. 223 с.
36. Сохранение и восстановление биоразнообразия. М. : НУМЦ, 2002. 286 с.
37. Ниценко А. А. Об изучении экологической структуры растительного покрова // *Ботанический журнал*. 1969. Т. 54, № 7. С. 1002–1014.
38. Смирнов В. Э., Ханина Л. Г., Бобровский М. В. Расширенная система эколого-ценотических групп видов сосудистых растений для бореальной, гемибореальной и умеренной лесных зон Европейской России. 2008. URL: <http://www.impb.ru/index.php?id=div/lce/ecg> (дата обращения: 01.02.2023).
39. Серебряков И. Г. Экологическая морфология растений. М., 1962. 378 с.
40. Breiman L. Random forests // *Machine Learning*. 2001. Vol. 45, № 1. P. 5–32.
41. Cohen J. A coefficient of agreement for nominal scales // *Educ. Psychol. Meas.* 1960. Vol. 20. P. 37–46.
42. Wright M. N., Ziegler A. A Fast Implementation of Random Forests for High Dimensional Data in C++ and R // *J. Statistical Software*. 2017. Vol. 77, № 1. P. 1–17.
43. Core Team R. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Version 4.2.0. 2022. URL: <https://www.R-project.org> (дата обращения: 28.09.2022).
44. Середнева Т. А., Абатуров Б. Д. Воздействие степных сурков на продуктивность растительности в степях Украины // *Фитофаги в растительных сообществах*. М. : Наука, 1980. С. 128–141.
45. Ronkin V. I., Savchenko G. A. Effect of Cattle Grazing on Habitats for the Steppe Marmot (*Marmota bobak*) in North-Eastern Ukraine // *Vestnik zoologii*. 2004. Vol. 38 (1). P. 55–60.
46. Жалилов А. Б. Распространение, численность и особенности экологии степного сурка (*Marmota bobak*) в северо-западной части Приволжской возвышенности : дис. ... канд. биол. наук. Пенза, 2019. 178 с.
47. Шенников А. П. Луговедение. Л., 1941. 511 с.
48. Ходашова К. С., Злотин Р. И., Снегирева Е. В. Влияние животных-фитофагов на продуктивность растительности луговой степи // *Гетеротрофы в экосистемах центральной лесостепи*. М., 1979. С. 10–62.
49. Работнов Т. А. Луговедение. М., 1984. 320 с.
50. Середнева Т. А., Невзгоров А. Л. Потребление и переработка корма степным сурком (*Marmota bobak*) // *Зоологический журнал*. 1977. Т. LVI, вып. 12. С. 1839–1846.
51. Гиляров М. С. О происхождении семян сорных растений в целинной степи // *Ботанический журнал*. 1954. Т. 39, № 2. С. 236–237.
52. Гиляров М. С. Роль степных грызунов в происхождении энтомофауны и сорнополевой растительности // *Докл. АН СССР*. 1951. Т. 79, № 4. С. 69–71.
53. Smith A. M. S., Kolden C. A., Paveglio T. B. [et al.]. The science of firescapes: achieving fire-resilient communities // *BioScience*. 2016. Vol. 66. P. 130–146.
54. Beca G., Valentine L. E., Galetti M., Hobbs R. J. Ecosystem roles and conservation status of bioturbator mammals // *Mammal Review*. 2022. Vol. 52. P. 192–207.

References

1. Gerasimov I.P., Zimina R.P., Zlyutin R.I. et al. *Surki. Biotsenoticheskoe i prakticheskoe znachenie = Marmots. Biocenotic and practical significance*. Moscow: Nauka, 1980:222. (In Russ.)
2. Abaturov B.D. *Mlekopitayushchie kak komponent ekosistem (na primere rastitel'noyadnykh mlekopitayushchikh v polupustyne) = Mammals as a component of ecosystems (using the example of herbivorous mammals in the semi-desert)*. Moscow: Nauka, 1984:286. (In Russ.)
3. Valkó O., Tölgyesi C., Kelemen A. et al. Steppe Marmot (*Marmota bobak*) as ecosystem engineer in arid steppes. *Journal of Arid Environments*. 2021;184. doi: 10.1016/j.jaridenv.2020.104244
4. Kirikov S.V. Historical changes in the placement of the marmot (XVIII–XX centuries and the early XX century). *Surki. Biotsenoticheskoe i prakticheskoe znachenie = Marmots. Biocenotic and practical significance*. Moscow, 1980:24–31. (In Russ.)
5. Bibikov D.I., Dezhkin A.V., Rummyantsev V.Yu. History and current state of the marmot in Europe. *Byulleten' Moskovskogo obshchestva ispytateley prirody. Otdel biologicheskiiy = Bulletin of Moscow Society of Naturalist. Biological Series*. 1990;95(1):15–30. (In Russ.)

6. Tsytulina K., Zagorodnyuk I., Formozov N., Sheftel B. *Marmota bobak* (errata version published in 2017). *The IUCN Red List of Threatened Species* 2016. e.T12830A115106780. doi: 10.2305/IUCN.UK.2016-3 RLTS.T12830A22258375.en
7. Dezhkin A.V., Tikhonov A.A. *Metodicheskie rekomendatsii po rasseleniyu stepnogo surka v RSFSR = Methodological recommendations for the resettlement of the steppe marmot in the RSFSR*. Moscow: TsNIL Glavokhoty, 1987:15. (In Russ.)
8. Blandler O.V., Verval'd A.M., Vlasova O.P. The second stage of reintroduction of the steppe marmot in the Central Black Earth Reserve. *Stepnoy byulleten' = Steppe bulletin*. 2015;(43-44):63–66. (In Russ.)
9. Rumyantsev V.Yu., Bibikov D.I., Dezhkin A.V., Dudkin O.V. Marmots of Europe: history and current status. *Byulleten' Moskovskogo obshchestva ispytateley prirody. Otdel biologicheskii = Bulletin of Moscow Society of Naturalist. Biological Series*. 1996;10(1):3–18. (In Russ.)
10. Rumyantsev V.Yu., Ermakov O.A., Il'in V.Yu. et al. On the history and current state of the steppe marmot (*Marmota bobak* Müll.) in the Penza region. *Aridnye ekosistemy = Arid ecosystems*. 2012;18(2):62–73. (In Russ.)
11. Andreychev A.V., Zhalilov A.B., Kuznetsov V.A. The state of local populations of the steppe marmot (*Marmota bobak*) in the Republic of Mordovia. *Zoologicheskii zhurnal = Zoological journal*. 2015;94(6):723–730. (In Russ.)
12. Ronkin V.I. Feeding habits of the steppe marmot (*Marmota bobak* Mull.) in the north-east of Ukraine: PhD dissertation. Moscow, 2003:186. (In Russ.)
13. Davidson A.D., Detling J.K., Brown J.H. Ecological roles and conservation challenges of social, burrowing, herbivorous mammals in the world's grasslands. *Frontiers in Ecology and the Environment*. 2012;10(9):477–486.
14. Silaeva T.B., Andreychev A.V., Shkulev A.A., Zhalilov A.B. The influence of the burrowing activity of the steppe marmot (*Marmota bobak*) on the floristic composition of the steppe areas of the south-east of the Nizhny Novgorod region. *Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta. Elektronnyy nauchnyy zhurnal = Bulletin of the Orenburg State Pedagogical University. Electronic scientific journal*. 2023;(2):114–128. (In Russ.). Available at: http://vestospu.ru/archive/2023/articles/8_46_2023.pdf doi: 10.32516/23039922.2023.46.8
15. Formosov A.N. Adaptive modifications of behavior in mammals of the Eurasian steppes. *Journal of Mammalogy*. 1966;47(2):208–223.
16. Tokarskiy V.A. The structure of wintering burrows of the European subspecies of the steppe marmot (*Marmota bobak bobak*, Rodentia, Sciuridae). *Zoologicheskii zhurnal = Zoological journal*. 2008;87(9):1148–1152. (In Russ.)
17. Lutovina E.E., Fedorenko O.N. *Ekologiya i sredopreobrazuyushchaya deyatel'nost' stepnogo surka (Marmota bobak Mull.) v stepnykh Yuzhnogo Urala = Ecology and environment-transforming activity of the steppe marmot (Marmota bobak Mull.) in the steppes of the Southern Urals*. Orenburg, 2010:136. (In Russ.)
18. Sitnikova E., Gornov A. Findings of *Marmota bobak* in the Bryansk region. *Abstract list for the 7th international conference on the genus Marmota «Marmots of the Old and New World»*. Ulaanbaatar, 2018:44–45.
19. Vyshegorodskikh N.V. Marmot. *Krasnaya kniga Orlovskoy oblasti Griby. Rasteniya. Zhivotnye. = Red Book of the Oryol Region. Mushrooms. Plants. Animals*. Orel, 2007:228–229. (In Russ.)
20. Galkina L.I., Tyut'kova L.A. Late Pleistocene steppe marmot *Marmota bobak* Muller from the "lemming fauna" of the middle Desna. *Trudy Zoologicheskogo instituta AN SSSR = Proceedings of the Zoological Institute of the USSR Academy of Sciences*. 1986;156:143–156. (In Russ.)
21. Bibikov D.I. *Surki = Marmots*. Moscow, 1989:285. (In Russ.)
22. Smirin V.M. Baybak or steppe marmot. *Portrety stepnykh zverey Evropy i Severnoy Azii = Portraits of steppe animals of Europe and Northern Asia*. Moscow: TsODP, 2008:55–59. (In Russ.)
23. Gornov A.V. The influence of haymaking on the state of the cenopopulation of *Filipendula ulmaria* (Rosaceae) – a dominant of wet meadows in the Bryansk region. *Botanicheskii zhurnal = Botanical journal*. 2015;100(10):1077–1091. (In Russ.)
24. Ermakova I.M., Sugorkina N.S. *Monitoring rastitel'nosti Zalidovskikh lugov Kaluzhskoy oblasti = Monitoring of vegetation of Zalidovsky meadows of the Kaluga region*. Moscow: MPGU, 2016;(part 3):240. (In Russ.)
25. Evstigneev O.I., Gornov A.V. Protected meadow: results of thirty years of monitoring. *Russian Journal of Ecosystem Ecology*. 2021;6(2):1–24. (In Russ.)
26. Tokarskiy V.A., Ronkin V.I., Savchenko G.A. Human agricultural activities as a key factor in population fluctuations of the European subspecies of steppe marmot. *Byulleten' Moskovskogo obshchestva ispytateley prirody. Otdel biologicheskii = Bulletin of Moscow Society of Naturalist. Biological Series*. 2008;113(1):48–52. (In Russ.)
27. Savchenko G., Ronkin V. Grazing, abandonment and frequent mowing influence persistence of Steppe Marmot, *Marmota bobak*. *Hacquetia*. 2018;17(1):25–34.
28. Pidoplichko I.G. *O lednikovom periode. Vypusk II. Biologicheskie i geograficheskie osobennosti evropeyskikh predstaviteley chetvertichnoy fauny = About the Ice Age. Issue I. Biological and geographical features of European representatives of the quaternary fauna*. Kiev, 1951:264. (In Russ.)
29. Puchkov P.V. *Nekompensirovannye vymiraniya v pleystotsene: predpolagaemyy mekhanizm krizisa = Uncompensated extinctions in the Pleistocene: a proposed mechanism for the crisis*. Kiev, 1989:60. (In Russ.)
30. Burovskiy A.M., Puchkov P.V. Pleistocene megafauna extinctions and their consequences: man-made or "purely natural" process. *Stratum plus. Arkheologiya i kul'turnaya antropologiya = Stratum Plus. Archaeology and Cultural Anthropology*. 2013;(1):167–268. (In Russ.)

31. Pidoplichko I.G. *O lednikovom periode. Vypusk III. Istoriya chetvertichnoy fauny Evropeyskoy chasti Rossii = About the Ice Age. Issue III. History of the quaternary fauna of the European part of Russia*. Kiev, 1954:220. (In Russ.)
32. Alekseeva L.I. *Teriofauna verkhnego pleystotsena Vostochnoy Evropy (krupnye mlekopitayushchie) = Theriofauna of the Upper Pleistocene of Eastern Europe (large mammals)*. Moscow, 1989:109. (In Russ.)
33. Blandler O.V., Vlasov A.A. The state of the steppe marmot in the Central Black Earth region. *Stepnoy byulleten' = Steppe bulletin*. 2012;(34):50–55. (In Russ.)
34. *The Plants of the World Online*. Available at: [http:// plantsoftheworldonline.org](http://plantsoftheworldonline.org)
35. Mirkin B.M., Rozenberg G.S., Naumova L.G. *Slovar' ponyatiy i terminov sovremennoy fitotsenologii = Dictionary of concepts and terms of modern phytocenology*. Moscow, 1989:223. (In Russ.)
36. *Sokhranenie i vosstanovlenie bioraznoobraziya = Conservation and restoration of biodiversity*. Moscow: NUMTs, 2002:286. (In Russ.)
37. Nitsenko A.A. On the study of the ecological structure of vegetation cover. *Botanicheskiy zhurnal = Botanical journal*. 1969;54(7):1002–1014. (In Russ.)
38. Smirnov V.E., Khanina L.G., Bobrovskiy M.V. *Rasshirennaya sistema ekologo-tsenoticheskikh grupp vidov sosudistykh rasteniy dlya boreal'noy, gemiboreal'noy i umerennoy lesnykh zon Evropeyskoy Rossii = Extended system of eco-cenotic groups of vascular plant species for the boreal, hemiboreal and temperate forest zones of European Russia*. 2008. (In Russ.). Available at: <http://www.impb.ru/index.php?id=div/lce/ecg> (accessed 01.02.2023).
39. Serebryakov I.G. *Ekologicheskaya morfologiya rasteniy = Ecological morphology of plants*. Moscow, 1962:378. (In Russ.)
40. Breiman L. Random forests. *Machine Learning*. 2001;45(1):5–32.
41. Cohen J. A coefficient of agreement for nominal scales. *Educ. Psychol. Meas.* 1960;20:37–46.
42. Wright M.N., Ziegler A. A Fast Implementation of Random Forests for High Dimensional Data in C++ and R. *J. Statistical Software*. 2017;77(1):1–17.
43. Core Team R. *R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Version 4.2.0. 2022*. Available at: <https://www.R-project.org> (accessed 28.09.2022).
44. Seredneva T.A., Abaturov B.D. The impact of steppe marmots on vegetation productivity in the steppes of Ukraine. *Fitofagi v rastitel'nykh soobshchestvakh = Phytophages in plant communities*. Moscow: Nauka, 1980:128–141. (In Russ.)
45. Ronkin V.I., Savchenko G.A. Effect of Cattle Grazing on Habitats for the Steppe Marmot (*Marmota bobak*) in North-Eastern Ukraine. *Vestnik zoologii = Bulletin of zoology*. 2004;38(1):55–60.
46. Zhalilov A.B. Distribution, abundance and ecological features of the steppe marmot (*Marmota bobak*) in the north-western part of the Volga Upland: PhD dissertation. Penza, 2019:178. (In Russ.)
47. Shennikov A.P. *Lugovedenie = Grassland science*. Leningrad, 1941:511. (In Russ.)
48. Khodashova K.S., Zlotin R.I., Snegireva E.V. The influence of phytophagous animals on the productivity of meadow steppe vegetation. *Geterotrofy v ekosistemakh tsentral'noy lesostepi = Heterotrophs in the ecosystems of the central forest-steppe*. Moscow, 1979:10–62. (In Russ.)
49. Rabotnov T.A. *Lugovedenie = Grassland science*. Moscow, 1984:320. (In Russ.)
50. Seredneva T.A., Nevzgorov A.L. Feed consumption and processing by the steppe marmot (*Marmota bobak*). *Zoologicheskii zhurnal = Zoological journal*. 1977;LVI(12):1839–1846. (In Russ.)
51. Gilyarov M.S. On the origin of weed seeds in the virgin steppe. *Botanicheskiy zhurnal = Botanical journal*. 1954;39(2):236–237. (In Russ.)
52. Gilyarov M.S. The role of steppe rodents in the origin of entomofauna and weed vegetation. *Dokl. AN SSSR = Proceedings of the USSR Academy of Sciences*. 1951;79(4):69–71. (In Russ.)
53. Smith A.M.S., Kolden C.A., Paveglio T.B. et al. The science of firescapes: achieving fire-resilient communities. *BioScience*. 2016;66:130–146.
54. Beca G., Valentine L.E., Galetti M., Hobbs R.J. Ecosystem roles and conservation status of bioturbator mammals. *Mammal Review*. 2022;52:192–207.

DOI 10.21685/2500-0578-2025-2-4

TRAPA NATANS L. AS A PART OF MACROPHYTE BIODIVERSITY ECOLOGICAL ESTIMATION

P.I. Ilicheva¹, I.I. Vasenev², Ye.B. Taller³

^{1, 2, 3} Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia

¹ polinailicheva@yandex.ru, ² vasenev@rgau-msha.ru, ³ etallereb@rgau-msha.ru

Abstract. As urban territories grow in population and size, water ecosystems suffer from anthropogenic impact on hydrological conditions and macrophyte biodiversity. The research goal is to analyze the seasonal changes (May – September 2020–2024) in aquatic plant diversity, rare species as *Trapa natans* (July 2022–2024), in connection with air temperature changes and ecological levels of water quality by saprobity index Sladeczek (1963) and Kokin (1982) in Moscow urban ponds. The study was carried out by using the standard methods of identification and description of macrophyte diversity in Verhni Chernivskiy pond, Severniy Polyanskiy pond and Saltykovskiy pond which are located in urban parks: Landscape Park of South Butovo and Butovo Forest Park. It was estimated that the annual, seasonal changes and the anthropogenic effect have permanent impact on the macrophyte species and their quantity. In 2021 we identified 38 species of macrophytes in the studied urban ponds due to warm spring temperatures and appropriate water level in the ponds owing to abundant rainfall. But in 2023 and 2024 the aquatic plant biodiversity decreased and the saprobity index shows the water quality class as satisfactory clean in Saltykovskiy pond and Severniy Polyanskiy pond that could be caused by increasing transport and new road building impact on these areas. Also, in 2023 water caltrop number had been reducing in all recording points in Verhni Chernivskiy pond because of a cold summer, higher water level in the pond and competition with other macrophytes. Providing monitoring organization and ecological assessment mitigates recreational impact on Landscape Park of South Butovo and Butovo Forest Park and keeps high macrophyte diversity level, in particular *Trapa natans* and *Nymphaea Candida*, that lead to the water ecosystems sustainability in Moscow.

Keywords: aquatic plants, water ecosystems, saprobity index, water caltrop, species diversity, urban ecosystems

For citation: Ilicheva P.I., Vasenev I.I., Taller Ye.B. *Trapa natans* L. as a part of macrophyte biodiversity ecological estimation. Russian Journal of Ecosystem Ecology. 2025;10(2). (In Russ.). Available from: <https://doi.org/10.21685/2500-0578-2025-2-4>

УДК 574.58

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА БИОРАЗНООБРАЗИЯ МАКРОФИТОВ, В ЧАСТНОСТИ TRAPA NATANS L.

П. И. Ильичева¹, И. И. Васенев², Е. Б. Таллер³

^{1, 2, 3} Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева, Москва, Россия

¹ polinailicheva@yandex.ru, ² vasenev@rgau-msha.ru, ³ etallereb@rgau-msha.ru

Аннотация. Многократное ускорение процесса урбанизации приводит к повышению уровня антропогенной нагрузки на водные объекты, нарушению водного режима, ухудшению состояния водоемов, а также к уменьшению уровня биологического разнообразия макрофитов. Изучение сезонной динамики биоразнообразия водных растений позволяет оценить влияние климатических и антропогенных факторов на видовой состав растительности. Цель работы – изучить сезонные изменения биоразнообразия макрофитов, в частности рогульника плавающего (июль 2022–2024 гг.), с учетом индекса сапробности по Сладечку (1963) и Кокину (1982) в Верхнем Черневском пруду, Салтыковском пруду и Северном Полянском пруду за период с мая по сентябрь 2020–2024 гг. Исследования проводились по общепринятым методикам в водных объектах, находящихся на территориях Ландшафтного парка Южное Бутово и Бутовского лесопарка в Москве. Выявлена взаимосвязь между годовыми и сезонными колебаниями и видовым и количественным составом водных растений, что обусловлено абиотическими факторами и жизненными циклами растений. В сезонной динамике биоразнообразия макрофитов отмечается повышение количества видов от мая к июлю-августу и постепенное

снижение к сентябрю. В 2021 гг. было установлено максимальное количество видов водных растений (38 вида) благодаря благоприятным температурным условиям весной и количеству осадков для развития растений. В 2023–2024 гг. отмечено снижение биоразнообразия макрофитов и ухудшение значения качества воды по индексу сапробности (по Сладечку (1963), Кокину (1982)) – умеренно-загрязненная вода в Салтыковском и Северном Полянском прудах, что связано с увеличением транспортной нагрузки и началом строительства дороги в непосредственной близости с водоемами. Анализ динамики популяции рогульника плавающего в Верхнем Черневском пруду на территории Ландшафтного парка Южное Бутово показал максимальное значение в 2024 г. и снижение в 2023 г., что соответствует естественным колебаниям численности вида. Проведение мониторинга и комплексной экологической оценки по снижению антропогенной нагрузки на водные объекты на территориях Ландшафтного парка Южное Бутово и Бутовского лесопарка поможет сохранить устойчивость водоемов в урбоэкосистемах и высокий уровень биоразнообразия макрофитов, в частности рогульника плавающего и кувшинки белой.

Ключевые слова: водные растения, водоемы, сапробность, рогульник плавающий, разнообразие видов, урбоэкосистемы

Для цитирования: Ильичева П. И., Васенев И. И., Таллер Е. Б. Экологическая оценка биоразнообразия макрофитов, в частности *Trapa natans* L. // Russian Journal of Ecosystem Ecology. 2025. Vol. 10 (2). <https://doi.org/10.21685/2500-0578-2025-2-4>

Introduction

In the last decades biodiversity loss has increased because of enormous growth of urban ecosystems. There are different ways of direct and indirect impacts on biodiversity in big cities with its designs, planning and government, for instance: habitat loss, fragmentation and degradation of pristine areas, species interactions, invasive taxa, pollution or altered climate [21, 27]. The main problem of cities is a biodiversity conservation as a large part of the world's population moves from rural to urban areas and there are significant changes in the link between human activities, biodiversity and in ways of creating biodiversity conservation policies [28]. One of the most popular solutions in aquatic plant biodiversity conservation is the creation of buffer zones taking into consideration proper spatial extent from the pond edge [14] such places could be landscape parks or urban forests. It is necessary to provide conditions for fauna and flora diversity as well as recreation facilities for people.

It is predicted that anthropogenic effect will be a major cause of species extinctions in the next 100 years but whether it will be featured in changing biotic interactions, limited physiological tolerance to high/low temperatures or other factors not stated. In many studies the probable causes vary widely and there is no a straightforward relationship between local biodiversity level and temperature dynamics [16]. However, it is implicated that the different species interact with each other, especially in resource availability, and there is a correlation between water pollution and biodiversity level [1, 11].

Also much research study the spread of invasive species in big cities [35] but we focused on the rare taxa *Trapa natans* as a part of biodiversity level in city water ecosystems. This macrophyte was in the

Russian Red List and now only several regions of our country keep it, for example in: the Kaluga region [4], the Novosibirsk region [13], the Amur region [3] and the Republic of Altai [38]. However, in North America and Australia this taxon is considered an invasive species [17, 34]. *Trapa natans* could be a good and representative ecological indicator of macrophytes biodiversity and climate changes [36]. Water chestnut is an annual plant, forming its rosettes from a large number of rhombic mosaic leaves floating on the water surface. The underwater leaves are thread-like, the stem is attached to the ground by thread-like roots and last year's nut, like an anchor. Viability of its fruits in silt lasts up to 10, or even 50 years. Nuts dried or frozen below $-8...-10^{\circ}\text{C}$ lose their viability [38]. These nutritious nuts are used in different national cuisines as a staple food, fertilizer and in traditional medicine, for instance: in India and China. Water chestnut grows in ponds, lakes and channels with weak flowage. This macrophyte spots in non-polluted nutrient-rich waters and does not stand salinity [26].

It is known that changes in climate, vegetation and land use are related to the sensitivity of biodiversity that is why it is important to conduct ecological investigations in this sphere [30, 31].

Materials and methods

The article is based on the results of field studies of seasonal dynamics of macrophyte diversity with *Trapa natans* as a part of this assessment and the correlation with the water pollution calculated by the Sladeczek (1963) and Kokin (1982) saprobity index. Research was conducted in three urban ponds in Landscape Park of South Butovo and Butovo Forest Park (Fig. 1) from May to September in 2020–2024. Severniy Polyanskiy pond and Saltykovskiy

pond are located in Butovo Forest Park. This area is a forest park which is situated on the vast territory of South and North Butovo districts in Moscow.

Verhni Chernivskiy pond is in Landscape Park South Butovo which was opened after reconstruction in 2018.

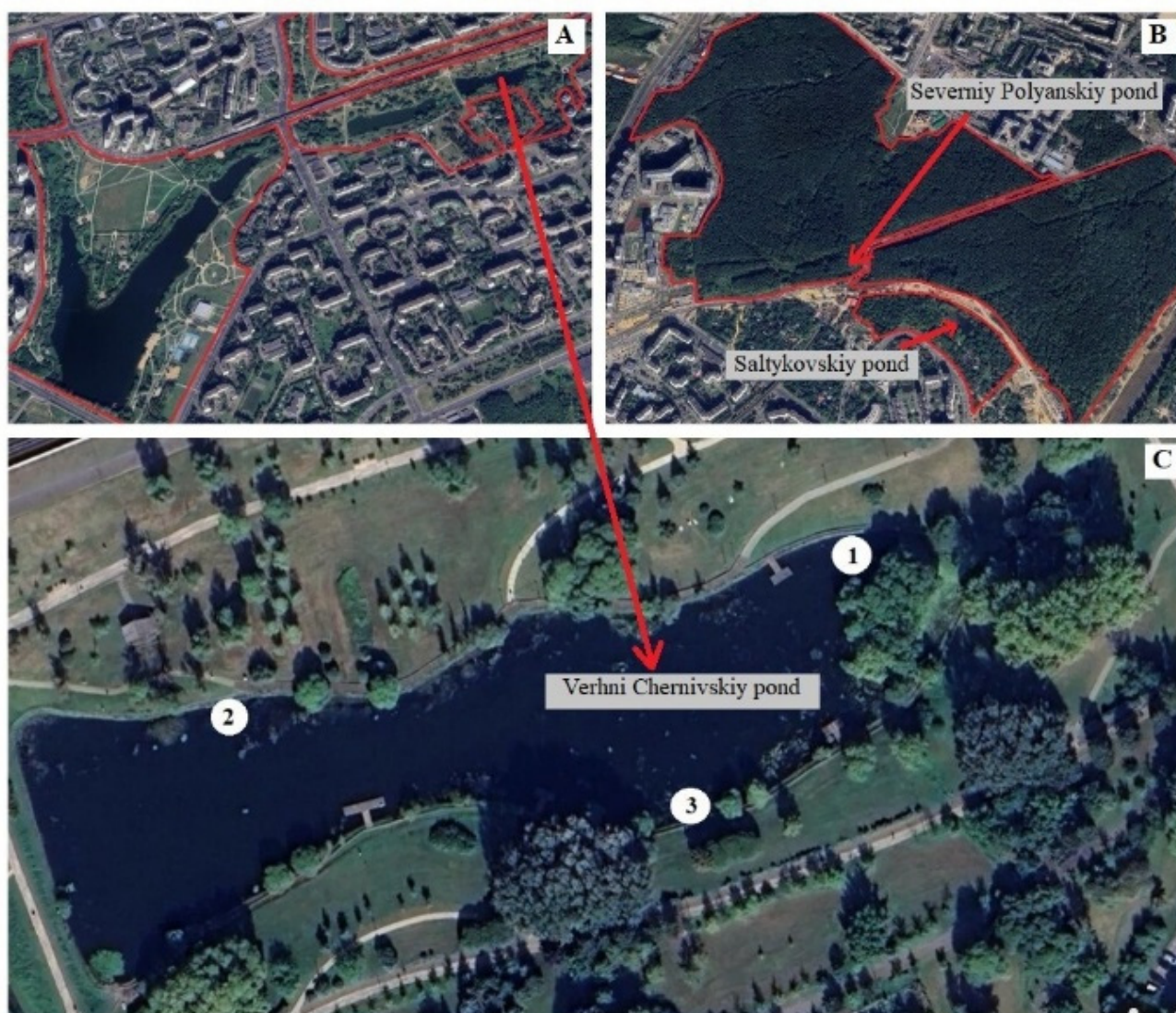


Fig. 1. Airphotos of urban ponds in Landscape Park of South Butovo (A) with recording points (C) of *Trapa natans* and Butovo Forest Park (B)

Verhni Chernivskiy pond is a part of a cascade of three ponds which are located on the territory of former village Chernevo near the end of the land-based metro line. The weirs are on the rivers Koryuska and Chernevka. This pond has earth dams 2–3 m high with a drain into the well and further underground water header. There are banks with low coast gabions and tracks with special pavement. This pond is usually used for recreational purposes and fishing (generally the crucian carp and perch). In 2000 the permanent stream of the river Koryushka started from Verhni Chernivskiy pond, but now after the development of the South Butovo district it can be sometimes dried up and upper of this place. Before the Landscape Park of South Butovo reconstruction the pond was 280 m in the

western direction and reached width of 70 m, but the upper part was extremely narrow and shallow. In 2018 during park reconstruction, it was organized special actions for bottom clearing, bank strengthening and creating places for recreation of city residents. Nowadays Verhni Chernivskiy pond has nearly the same levels, but on average wider and deeper (1.4 ha). In the east part there is an island of 10×20 m [23]. Severniy Polyanskiy pond and Saltykovskiy pond are located on the southern edge of Butovo Forest Park between the South and North Butovo districts. Severniy Polyanskiy pond is at the turning of the highway which is crossing this urban forest. This pond is sickle-shaped and has definitions 60 m long, 20 m wide and area is 0.2 ha. The road plays the role of the dam. Spring runoff goes

over the road to the southeast and collecting water from a system of wooded hollow it gives the start to springhead of the river Gvozdyanika. The banks are natural and water-logged. Nowadays it is not used for any purposes [23]. Saltykovskiy pond is 115 m long, extending in a south-eastern direction, narrowing to the upper part, width up to 55 m, area is 0.6 ha. The weir is at the springhead of the river Gvozdyanika, the flow is surficial, water comes out closer to the top of the pond from the north-eastern bank and flows around the pond. The earth dam is up to 1.5 m high, the banks are natural and water-logged in the upper part. This pond is usually used for fishing and other recreational events [23].

The investigations were made using the standard methods of identification, description and mapping of higher aquatic species diversity [5, 6, 9, 12]. During the ecological assessment it was necessary to find out the correlation between the quality of water bodies, macrophyte biodiversity and its seasonal dynamics. In Verhni Chernivskiy pond there were 6 recording points, in Saltykovskiy pond and Severniy Polyanskiy pond were 5 of them.

The Sladeczek (1963) and Kokin (1982) saprobity index was used to determinate the impact of water quality on the level of aquatic plant biodiversity. This method describes the degree of water pollution of the pond by indicating the macrophytes which have special saprobic indicator value and they are classified on a score-scale to preference for saprobic water quality. The most sensitive to water pollution aquatic plants are on the top of the list while certain others are on the bottom. This test is a complex of physiological properties of this water plant, which determines its ability to develop in water with some organic matter content and with some degree of pollution [32]. Higher biodiversity level of macrophytes supports a better quality of water that is why this method has positive results for contaminated urban water ecosystems.

Using these ecological indicators could help to deal with the anthropogenic effect challenges, keeping balance in high diversity level, social and economic development of big cities. The statistical assessment of the obtained data was carried out using a Microsoft Excel programme.

Results and discussion

By the results of the study of macrophyte biodiversity in 6 recording points of Verhni Chernivskiy pond and 5 recording points of Severniy Polyanskiy pond and Saltykovskiy pond in the territories of Landscape Park of South Butovo and Butovo Forest Park were identified 38 dominant species of macrophytes from 25 families (Cyperaceae, Typhaceae, Potamogetonaceae, Ranunculaceae, Ceratophyllaceae, Lemnaceae, Sparganiaceae, Alismataceae, Salicaceae, Lamiaceae, Equisetaceae, Hydrocharitaceae and others) and 30 genera (*Carex*, *Ranunculus*, *Typha*, *Potamogeton*, *Elodea*, *Spirodela*, *Ceratophyllum*, *Lemna*, *Sparganium*, *Alisma*, *Salix*, *Equisetum*). The studied plants are in the division of Magnoliophyta.

Ranking the identified macrophytes by ecological groups, it was found out that the dominating species are from hydrogelophytes (24 %) and hygrogelophytes (38 %). Among hydrogelophytes were identified river horsetail (*Equisetum fluviatile* L.), bulrush (*Typha latifolia* L.), lesser bulrush (*Typha angustifolia* L.), common water-plantain (*Alisma plantago-aquatica* L.), simplestem bur-reed (*Sparganium erectum* L.), arrowhead (*Sagittaria Sagittifolia* (L.) and others. Hygrogelophytes were presented 14 species of aquatic plants that include a three-part beggarticks (*Bidens tripartita* L.), great water-parsnip (*Sium latifolium* L.) and toad rush (*Juncus bufonius* L.) and others.

The monthly average temperature (Fig. 2) in May 2024 was about +13 °C which is 1 °C below the average climatic points but at the same time light frosts were recorded which were also in May 2022. The monthly average in September 2024 was +18 °C that was much warmer and it was 6 °C above the norm. The hottest summers were in 2021 and 2022, the coldest one was in 2023. The monthly average rainfall in July 2020 was 170 mm which was 86 mm more than the average climatic points. And in August 2022 only 4 mm of rainfall fell out that was 74 mm less than the average points. The wettest season was in 2020 while the lowest rain level during the research period was in 2022.



Fig. 2. Air temperature dynamics

The seasonal diversity of macrophytes shows an increase in species from May to July – August and a gradual decline by September. Annual and seasonal changes have permanent impact on the aquatic plant species and their quantity due to abiotic factors and plant life cycles [8].

In 2021 in Verhni Chernivskiy pond and Saltykovskiy pond was recorded the highest level of biodiversity with 38 identified species due to the favourable temperature and rainfall conditions, for instance: swamp sawgrass (*Cladium mariscus* (L.) Pohl), white waterlily (*Nymphaea candida* J. Presl & C. Presl), longroot smartweed (*Persicaria amphibia* (L.) Delarbre), common duckweed (*Lemna minor* L.), small bur-reed (*Sparganium natans* L.), three-part beggarticks (*Bidens tripartita* L.), yellow loosestrife (*Lysimachia vulgaris* L.) and other species. But since 2023 macrophyte number has been reducing that could be caused by the increasing recreational and transport impact. In Saltykovskiy pond such species as bittersweet (*Solanum dulcamara* L.), grass rush (*Butomus umbellatus* L.) and

yellow waterlily (*Nuphar lutea* (L.) Sm.) were changed by the increased population of more pollution-resistant species: arrowhead (*Sagittaria sagittifolia* L.), bulrush (*Typha latifolia* L.), Canadian waterweed (*Elodea canadensis* Michx.) and horsetail (*Equisetum fluviatile* L.). In 2024 dominated aquatic plant species in Verhni Chernivskiy pond were simplestem bur-reed (*Sparganium erectum* L.), yellow waterlily (*Nuphar lutea* (L.) Sm.), water caltrop (*Trapa natans* L.) and hornwort (*Ceratophyllum demersum* L.).

As for invasive species, in 2020 was recorded only several zones with rootless duckweed (*Wolffia arrhiza* (L.) Horkel ex Wimm.) near the banks of Severniy Polyanskiy pond but in 2024 the total projective coverage of this macrophyte was 50–60 %. Species richness fell from 18 species to 11 where the dominating association was *Wolffia arrhiza* (L.) Horkel ex Wimm. and *Lemna minor* L. (Fig. 3) because of the started road building in the nearest pond area without any barriers and special protective equipment.



Fig. 3. Macrophyte biodiversity: *Trapa natans* (A) associations with yellow waterlily and with simplestem bur-reed (B); C – *Nymphaea candida*; D – *Wolffia arrhiza* and *Lemna minor* association

It is interesting that nowadays its distribution is not specified so it is considered as a rare taxon which marked in 5 Russian regions: Bryansk region, Kursk region, Voronezh region, Moscow region, Lipetsk region [2; 10; 33]. Typically, rootless duckweed occurring in the temperate, subtropical and tropical regions of Europe, Africa, western Asia, North and South America. It is known that it is a progressive aquatic plant and increases its range and number rapidly. The further spread of *Wolffia arrhiza* (L.) Horkel ex Wimm. in Moscow water ecosystems is expected.

According to the results of the Sladeczek (1963) and Kokin (1982) saprobity index calculations, Verhni Chernivskiy pond is in the β -mezotrophic category with its value 1.79 for the 3 water quality class which means satisfactory clean water. As well as Saltykovskiy pond with 1.78 points and Severniy Polyanskiy pond (1.89) are included in the same β -mezotrophic category for the 3 class of water quality (satisfactory clean water).

Among the plants belonging to macrophytes in Verhni Chernivskiy pond we found rare plants – water caltrop (*Trapa natans* L.) (Fig. 3) and white waterlily (*Nymphaea candida* J. Presl & C. Presl) (Fig. 3) which are listed in the different editions of the Red List. White waterlily (*Nymphaea candida* J. Presl & C. Presl) is marked in two recording points of the aquatic plants research in July 2022–2024, it was likely planted during the reconstruction of the park. And the water chestnut was found out in 3 recording points (Fig. 1) which were located in 2 different associations: with yellow waterlily (*Nuphar lutea* (L.) Sm.) and with simplestem bur-reed (*Sparganium erectum* L.) (Fig. 3) in the zone 1 and in simplestem bur-reed association in the zone 2. In the zone 3 *Trapa natans* L. was dominated taxa as other species of macrophytes were not practically recorded. Also there were formed small spots of water chestnut of individual specimens which were located at a distance of 2–3 m from each other in the pond in order to avoid competition with other aquatic plants.

Interestingly, despite the increasing number of yellow waterlily (*Nuphar lutea* (L.) Sm.) as the main competitor in the 1st recording point, it was noted its positive role in water caltrop associations. Its roots support silt accumulation and hold the water chestnut fruits providing favourable conditions for the vegetation of *Trapa natans* L.

Comparing results, it was obtained that the water caltrop population changes during 2022–2024 because of the temperature variations, different amount of rainfall and the natural cycles in the population of the species. Since 2023 the number of water chestnut had been reducing in all recording points, it could be caused by a higher water level in

the pond and competition with other macrophytes. In 2022 spring temperature was lower than the average climatic points and with light frosts so the growing season started later. The diameter of the rosette, the number and width of the leaves of the water chestnut also have changes throughout the years of research. In 2024 it was recorded the maximum number of leaves and rosettes due to the favourable weather conditions. In 2022 it was a long and cold spring so the plant quantity, rosette and leaf size became lower. The growing season started later so the leaves were not in their final growth as well as the diameter of the rosettes did not reach its maximum size at the time of the study. It was estimated that all the associations showed slight visible damage. Water caltrop plants were in the vegetation stage but plants in the bud and blooming stages were found too. According to the literature, blooming period of this macrophyte is from July to August and fruiting stage is from late August to September in Central Russia [3].

Conclusion

An ecological assessment of the seasonal diversity of macrophytes was conducted in water bodies in the territories of Butovo Forest Park and Landscape Park of South Butovo in Moscow. It was established the correlation between increasing level of water pollution and decreasing in aquatic plant biodiversity level. The maximum species diversity was recorded in July and August over the period of research. In 2021 were over 25 species identified in each Verhni Chernivskiy pond and Saltykovskiy pond that was the highest meanings of macrophyte biodiversity. Severniy Polyanskiy pond also had the best numbers in this year it could be caused by warm spring temperatures and appropriate water level in the urban ponds due to the abundant rainfall. Whereas in 2023 and 2024 the aquatic plant biodiversity was the lowest and the Sladeczek (1963) and Kokin (1982) saprobity index became nearer to the contaminated water in Severniy Polyanskiy pond because of the road building in its immediate area without any special non-polluted barriers. Also in this pond the invasive *Wolffia arrhiza* (L.) Horkel ex Wimm. was found that is not studied well in Russia and further research is expected. During the study period in each year such dominated aquatic species were found out in each urban pond: common duckweed (*Lemna minor* L.), Canadian waterweed (*Elodea canadensis* Michx.), bulrush (*Typha latifolia* L.) and hornwort (*Ceratophyllum demersum* L.), these macrophytes are typical to urban water ecosystems. As for the water caltrop (*Trapa natans* L.) population in Verhni Chernivskiy pond, the maximum number of leaves and rosettes was in 2024 due

to the favourable weather conditions. The main sources of anthropogenic impact are transport, road building and increased recreational load. That is

why it is necessary to organize ecological activities to clean the urban ponds, monitor and assess the level of macrophyte biodiversity.

Список литературы

1. Анищенко Ю. Д., Анищенко О. В., Зуев И. В. [и др.]. Оценка антропогенного воздействия на экосистему р. Енисей в черте г. Красноярска на основе элементного анализа макрофитов и воды // Журн. Сиб. федер. ун-та. Биология. 2023. № 16. С. 87–108.
2. Бочкин В. Д., Майоров С. Р., Насимович Ю. А. [и др.]. Дополнения к адвентивной флоре Москвы и Московской области // Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел биологический. 2014. Т. 119, вып. 6. С. 63–65.
3. Болотова Я. В. Распространение видов рода *Trapa* L. (Trapaceae) на территории Амурской области (российский Дальний Восток) // Вестник Северо-Восточного федерального университета им. М. К. Аммосова. 2014. Т. 11, № 2. С. 22–28.
4. Булавинцева А. Г. Вторая находка *Trapa natans* L. (Lythraceae) в Калужской области // Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел биологический. 2014. Т. 119, вып. 3. С. 68–69.
5. Глушенков О. В., Глушенкова Н. А. Школа гидробиологии: теория и практика учебных гидробиологических исследований : учеб.-метод. пособие. Чебоксары, 2013. 176 с.
6. Глушенков О. В., Глушенкова Н. А. Растения пресных вод. Карманный определитель. Чебоксары, 2013. 132 с.
7. Капитонова О. А. Флора водоемов и водотоков г. Тобольска (Тюменская область): основные характеристики и их анализ // Журнал Сибирского федерального университета. Биология. 2023. № 16. С. 430–453.
8. Кокин К. А. Экология высших водных растений. М. : МГУ, 1982. 160 с.
9. Лисицына Л. И., Папченков В. Г., Артеменко В. И. Флора водоемов волжского бассейна. Определитель сосудистых растений. М. : КМК, 2009. 219 с.
10. Панасенко Н. Н., Анищенко Л. Н., Романова Ю. Н. *Wolffia arrhiza* (L.) Horkel ex Wimm. в Брянской области // Вестник Брянского государственного университета. 2012. № 4. С. 203–204.
11. Рябова В. Н., Васильева В. А. Восстановление растительности рекультивированных прудов Лугового парка (водоподводящая система фонтанов г. Петергофа) // Biological Communications (Вестник СПбГУ). 2014. Сер. 3. Вып. 4. С. 49–66.
12. Таллер Е. Б., Яшин М. А., Тихонова М. В., Бузылев А. В. Лабораторный практикум по экологии. Часть I. Биоиндикация : учеб. пособие. М. : ДПК Пресс, 2021. 106 с.
13. Визер А. М., Киприянова Л. М. Находка водяного ореха *Trapa natans* L. s. l. (Trapaceae) в Новосибирской области // Tureczaninowia. 2010. Т. 13, вып. 3. С. 67–69.
14. Akasaka M., Takamura N., Mitsunashi H., Kadono Y. Effects of land use on aquatic macrophyte diversity and water quality of ponds // Freshwater Biology. 2010. № 55. P. 909–922.
15. Barney J. N., Tharayil N., DiTommaso A., Bhowmik P. C. The biology of invasive alien plants in Canada. 5. *Polygonum cuspidatum* Sieb. & Zucc. [= *Fallopia japonica* (Houtt.) Ronse Decr.] // Canadian Journal of Plant Science. 2006. № 86. P. 887–906.
16. Cahill A. E., Aiello-Lammens M. E., Fisher-Reid M. C. [et al.]. How does climate change cause extinction? // Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences. 2013. № 280. P. 20121890.
17. Chorak G. M., Dodd L. L., Rybicki N. [et al.]. Cryptic introduction of water chestnut (*Trapa*) in the northeastern United States // Aquatic Botany. 2019. № 155. P. 32–37.
18. Hassall C. The ecology and biodiversity of urban ponds // WIREs Water. 2014. № 1. P. 187–206.
19. Hegland S. J., Nielsen A., Lázaro A. [et al.]. How does climate warming affect plant-pollinator interactions? // Ecol. Lett. 2009. № 12 (2). P. 184–195.
20. Lande V. W. Biomonitoring of water environment in rivers, ponds and lakes // Journal of Global Biosciences. 2021. № 10. P. 8458–8477.
21. Maclean I. M. D., Wilson R. J. Recent ecological responses to climate change support predictions of high extinction risk // Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 2011. № 108. P. 12337–12342.
22. Markovic G., Vicentijevic-Markovic G., Tanaskovic S. First record of water chestnut (*Trapa natans* L., Trapaceae, Myrtales) in Central Serbia // Journal of Central European Agriculture. 2015. № 16. P. 436–444.
23. Nasimovich Yu. A. The basin of the River Pahra in the south of Moscow. 1991–2009. URL: <http://temnyjles.narod.ru/Reki3-20.htm> (дата обращения: 21.02.2025).
24. O'Briain R., Corenblit D., Gurnell A. Interacting effects of climate change and invasions by alien plant species on the morphodynamics of temperate rivers // WIREs Water. 2023. № 10. P. e1649.
25. Pecl G. T., Araujo M. B., Bell J. D. [et al.]. Biodiversity redistribution under climate change: Impacts on ecosystems and human well-being // Science. 2017. № 355.6332. P. eaai9214.
26. Phartyal S. S., Rosbakh S., Poschlod P. Seed germination ecology in *Trapa natans* L., a widely distributed freshwater macrophyte // Aquatic Botany. 2018. № 147. P. 18–23.
27. Pinho P., Casanelles-Abella J., Luz A. C. [et al.]. Research agenda on biodiversity and ecosystem functions and services in European cities // Basic and Applied Ecology. 2021. № 53. P. 124–133.

28. Puppim de Oliveira J. A., Balaban O., Doll C. N. H. [et al.]. Cities and biodiversity: Perspectives and governance challenges for implementing the convention on biological diversity (CBD) at the city level // *Biological Conservation*. 2011. № 144. P. 1302–1313.
29. Pyšek P. Alien and native species in Central European urban floras: a quantitative comparison // *Journal of Biogeography*. 1998. № 25. P. 155–163.
30. Sala O. E., Chapin III F. S., Armesto J. J. [et al.]. Global biodiversity scenarios for the year 2100 // *Science*. 2000. № 287. P. 1770–1774.
31. Seto K. C., Güneralp B., Hutya L. R. Global forecasts of urban expansion to 2030 and direct impacts on biodiversity and carbon pools // *Proc Natl Acad Sci USA*. 2012. № 109. P. 16083–16088.
32. Sladeczek V. System of water quality from the biological point of view // *Arch. Hydrobiol. Ergeb. Limnol.* 1973. № 7. 218 p.
33. Starodubtseva E. A., Grigoryevskaya A. Ya., Lepeshkina L. A., Lisova O. S. Alien species in local floras of the Voronezh region nature reserve fund (Russia) // *Nature Conservation Research*. 2017. № 2. P. 53–57.
34. Tall L., Caraco N., Maranger R. Denitrification hot spots: dominant role of invasive macrophyte *Trapa natans* in removing nitrogen from a tidal river // *Ecological Applications*. 2011. № 21. P. 3104–3114.
35. Turbelin A., Catford J. A. Chapter 25 – Invasive plants and climate change // *Climate Change (Third Edition)*. Elsevier, 2021. P. 515–539.
36. Walusiak E., Krztoń W., Cieślak E. [et al.]. Native recovery or expansive threat? Past and predicted distribution of *Trapa natans* L. s. l. on northern limit of species' range, Handout for species management // *Ecological Indicators*. 2024. № 158. P. 111349.
37. Wiens J. J. Climate-related local extinctions are already widespread among plant and animal species // *PLOS Biol.* 2016. № 14. P. e2001104.
38. Zarubina E. Yu. [et al.]. Long-term dynamics of vegetation cover of Lake Manzherokskoye (Republic of Altai) under high antropogenic load on the reservoir and its basin // *Ecosystem Transformation*. 2024. № 7. P. 119–137.
39. Zhao X., Li F., Yan Y., Zhang Q. Biodiversity in Urban Green Space: A Bibliometric Review on the Current Research Field and Its Prospects // *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2022. № 19. P. 12544.

References

1. Anishchenko Yu.D., Anishchenko O.V., Zuev I.V. et al. Assessment of anthropogenic impact on the Yenisei River ecosystem within the city of Krasnoyarsk based on elemental analysis of macrophytes and water. *Zhurn. Sib. feder. un-ta. Biologiya = Journal of Siberian Federal University. Biology*. 2023;(16):87–108. (In Russ.)
2. Bochkina V.D., Mayorov S.R., Nasimovich Yu.A. et al. Additions to the adventive flora of Moscow and the Moscow region. *Byulleten' Moskovskogo obshchestva ispytateley prirody. Otdel biologicheskoy = Bulletin of Moscow Society of Naturalists. Biological series*. 2014;119(6):63–65. (In Russ.)
3. Bolotova Ya.V. Distribution of species of the genus *Trapa* L. (Trapaceae) in the Amur region (Russian Far East). *Vestnik Severo-Vostochnogo federal'nogo universiteta im. M.K. Ammosova = Vestnik of North-Eastern Federal University*. 2014;11(2):22–28. (In Russ.)
4. Bulavintseva A.G. The second find of *Trapa natans* L. (Lythraceae) in the Kaluga region. *Byulleten' Moskovskogo obshchestva ispytateley prirody. Otdel biologicheskoy = Bulletin of Moscow Society of Naturalists. Biological series*. 2014;119(3):68–69. (In Russ.)
5. Glushenkov O.V., Glushenkova N.A. *Shkola gidrobotaniki: teoriya i praktika uchebnykh gidrobotanicheskikh issledovaniy: ucheb.-metod. posobie = School of hydrobotany: theory and practice of educational hydrobotanical research: study guide*. Cheboksary, 2013:176. (In Russ.)
6. Glushenkov O.V., Glushenkova N.A. *Rasteniya presnykh vod. Karmanny opredelitel' = Freshwater plants. pocket guide*. Cheboksary, 2013:132. (In Russ.)
7. Kapitonova O.A. Flora of reservoirs and watercourses of Tobolsk (Tyumen region): main characteristics and their analysis. *Zhurnal Sibirskogo federal'nogo universiteta. Biologiya = Journal of Siberian Federal University. Biology*. 2023;(16):430–453. (In Russ.)
8. Kokin K.A. *Ekologiya vysshikh vodnykh rasteniy = Ecology of higher aquatic plants*. Moscow: MGU, 1982:160. (In Russ.)
9. Lisitsyna L.I., Papchenkov V.G., Artemenko V.I. *Flora vodoemov volzhskogo basseyna. Opredelitel' sosudistyykh rasteniy = Flora of the Volga basin reservoirs. Guide to vascular plants*. Moscow: KMK, 2009:219. (In Russ.)
10. Panasenko N.N., Anishchenko L.N., Romanova Yu.N. *Wolffia arrhiza* (L.) Horkel ex Wimm in the Bryansk region. *Vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo universiteta = The Bryansk State University Herald*. 2012;(4):203–204. (In Russ.)
11. Ryabova V.N., Vasil'eva V.A. Restoration of vegetation of reclaimed ponds of Lugovoy Park (water supply system of fountains of Peterhof). *Biological Communications (Vestnik SPbGU) = Biological Communications (Vestnik of Saint Petersburg University)*. 2014;(Ser.3(4)):49–66. (In Russ.)
12. Taller E.B., Yashin M.A., Tikhonova M.V., Buzylev A.V. *Laboratornyy praktikum po ekologii. Chast' I. Bioindikatsiya: ucheb. posobie = Laboratory practical training in ecology. Part I. Bioindication: study guide*. Moscow: DPK Press, 2021:106. (In Russ.)

13. Vizer A.M., Kipriyanova L.M. Finding of the water chestnut *Trapa natans* L. s. l. (Trapaceae) in the Novosibirsk region. *Turczaninowia*. 2010;13(3):67–69. (In Russ.)
14. Akasaka M., Takamura N., Mitsuhashi H., Kadono Y. Effects of land use on aquatic macrophyte diversity and water quality of ponds. *Freshwater Biology*. 2010;(55):909–922.
15. Barney J.N., Tharayil N., DiTommaso A., Bhowmik P.C. The biology of invasive alien plants in Canada. 5. *Polygonum cuspidatum* Sieb. & Zucc.[= *Fallopia japonica* (Houtt.) Ronse Decr.]. *Canadian Journal of Plant Science*. 2006;(86):887–906.
16. Cahill A.E., Aiello-Lammens M.E., Fisher-Reid M.C. et al. How does climate change cause extinction? *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*. 2013;(280):20121890.
17. Chorak G.M., Dodd L.L., Rybicki N. et al. Cryptic introduction of water chestnut (*Trapa*) in the northeastern United States. *Aquatic Botany*. 2019;(155):32–37.
18. Hassall C. The ecology and biodiversity of urban ponds. *WIREs Water*. 2014;(1):187–206.
19. Hegland S.J., Nielsen A., Lázaro A. et al. How does climate warming affect plant-pollinator interactions? *Ecol. Lett.* 2009;(12):184–195.
20. Lande V.W. Biomonitoring of water environment in rivers, ponds and lakes. *Journal of Global Biosciences*. 2021;(10):8458–8477.
21. Maclean I.M.D., Wilson R.J. Recent ecological responses to climate change support predictions of high extinction risk. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*. 2011;(108):12337–12342.
22. Markovic G., Vicentijevic-Markovic G., Tanaskovic S. First record of water chestnut (*Trapa natans* L., Trapaceae, Myrtales) in Central Serbia. *Journal of Central European Agriculture*. 2015;(16):436–444.
23. Nasimovich Yu.A. *The basin of the River Pahra in the south of Moscow*. 1991–2009. Available at: <http://temnyjles.narod.ru/Reki3-20.htm> (accessed 21.02.2025).
24. O'Briain R., Corenblit D., Gurnell A. Interacting effects of climate change and invasions by alien plant species on the morphodynamics of temperate rivers. *WIREs Water*. 2023;(10):e1649.
25. Peel G.T., Araujo M.B., Bell J.D. et al. Biodiversity redistribution under climate change: Impacts on ecosystems and human well-being. *Science*. 2017;(355.6332):eaai9214.
26. Phartyal S.S., Rosbakh S., Poschlod P. Seed germination ecology in *Trapa natans* L., a widely distributed freshwater macrophyte. *Aquatic Botany*. 2018;(147):18–23.
27. Pinho P., Casanelles-Abella J., Luz A.C. et al. Research agenda on biodiversity and ecosystem functions and services in European cities. *Basic and Applied Ecology*. 2021;(53):124–133.
28. Puppim de Oliveira J.A., Balaban O., Doll C.N.H. et al. Cities and biodiversity: Perspectives and governance challenges for implementing the convention on biological diversity (CBD) at the city level. *Biological Conservation*. 2011;(144):1302–1313.
29. Pyšek P. Alien and native species in Central European urban floras: a quantitative comparison. *Journal of Biogeography*. 1998;(25):155–163.
30. Sala O.E., Chapin III F.S., Armesto J.J. et al. *Global biodiversity scenarios for the year 2100*. *Science*. 2000;(287):1770–1774.
31. Seto K.C., Güneralp B., Hutyra L.R. Global forecasts of urban expansion to 2030 and direct impacts on biodiversity and carbon pools. *Proc Natl Acad Sci USA*. 2012;(109):16083–16088.
32. Sladeczek V. System of water quality from the biological point of view. *Arch. Hydrobiol. Ergeb. Limnol.* 1973;(7):218.
33. Starodubtseva E.A., Grigoryevskaya A.Ya., Lepeshkina L.A., Lisova O.S. Alien species in local floras of the Voronezh region nature reserve fund (Russia). *Nature Conservation Research*. 2017;(2):53–57.
34. Tall L., Caraco N., Maranger R. Denitrification hot spots: dominant role of invasive macrophyte *Trapa natans* in removing nitrogen from a tidal river. *Ecological Applications*. 2011;(21):3104–3114.
35. Turbelin A., Catford J.A. Chapter 25 – Invasive plants and climate change. *Climate Change (Third Edition)*. Elsevier, 2021:515–539.
36. Walusiak E., Krztoń W., Cieślak E. et al. Native recovery or expansive threat? Past and predicted distribution of *Trapa natans* L. s. l. on northern limit of species' range, Handout for species management. *Ecological Indicators*. 2024;(158):111349.
37. Wiens J.J. Climate-related local extinctions are already widespread among plant and animal species. *PLOS Biol.* 2016;(14):e2001104.
38. Zarubina E.Yu. et al. Long-term dynamics of vegetation cover of Lake Manzherokskoye (Republic of Altai) under high anthropogenic load on the reservoir and its basin. *Ecosystem Transformation*. 2024;(7):119–137.
39. Zhao X., Li F., Yan Y., Zhang Q. Biodiversity in Urban Green Space: A Bibliometric Review on the Current Research Field and Its Prospects. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2022;(19):12544.



УДК 581.524 DOI 10.21685/2500-0578-2025-2-5

ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РАСТИТЕЛЬНОСТИ ЛЕСНЫХ КАТЕН РАЗНОГО УРОВНЯ ЗАПОВЕДНИКА «ПРИСУРСКИЙ»

Н. Г. Каракулова

Арзамасский гуманитарно-педагогический институт имени А. П. Гайдара – филиал Национального исследовательского Нижегородского государственного университета имени Н. И. Лобачевского, Арзамас, Нижегородская обл., Россия
vertolotik@yandex.ru

Аннотация. Растительность заповедника «Присурский» исследована недостаточно. Положение заповедника в зоне контакта неморальных и таежных типов сообществ наряду со значительной неоднородностью рельефа создает различные сочетания этих сообществ. Целью настоящего исследования является выявление закономерностей распределения лесной растительности в связи со структурой ландшафта. Исследования проводились в течение пяти лет на территории Алатырского участка государственного природного заповедника «Присурский» (Чувашия). В бассейне р. Люля от водораздела к пойме был заложен геоботанический профиль протяженностью 5,5 км. В пределах профиля на склонах к водотокам более высокого порядка заложено еще 9 профилей. Для анализа использованы 314 геоботанических описаний, сделанных по методике Браун – Бланке на площадках 100, 25 и 2,5 м². Для характеристики сообществ и фитоценозов анализировали соотношение основных эколого-ценотических групп видов. Экологическое пространство экотопов оценивали с использованием балльных экологических шкал Д. Н. Цыганова. Типы растительных сообществ для характеристики фитоценозов выделялись в соответствии с принципами доминантной классификации. Описаны лесные катены двух уровней: катена 1-го порядка (в бассейне р. Люля) и катены 2-го порядка (ее притоков). В катене 1-го порядка выделено 6 типов экотопов, для каждого описаны фоновые и дополнительные сообщества. Проведен сравнительный анализ видового состава и соотношения эколого-ценотических групп растительного покрова катен двух уровней. Внутренняя неоднородность растительных сообществ, связанная с неоднородностями рельефа, является их неотъемлемой характеристикой, что следует учитывать при анализе растительного покрова территорий со сложной ландшафтной структурой. В направлении от верхних к нижним звеньям фитоценозов 1-го порядка происходит усиление участия бореальных видов при сокращении роли неморальных, в фитоценозе пойменного экотопа доля неморальных видов вновь возрастает. Распределение растительного покрова по рельефу в катенах разного масштаба происходит сходным образом.

Ключевые слова: лесная растительность, катена, фитоценоз, экотоп, фитоценоз, эколого-ценотические группы растений

Для цитирования: Каракулова Н. Г. Пространственные закономерности распределения растительности лесных катен разного уровня заповедника «Присурский» // Russian Journal of Ecosystem Ecology. 2025. Vol. 10 (2). <https://doi.org/10.21685/2500-0578-2025-2-5>

SPATIAL PATTERNS OF VEGETATION DISTRIBUTION OF FOREST CATENAE AT DIFFERENT LEVELS OF THE PRISURSKY RESERVE

N.G. Karakulova

Arzamas Humanitarian and Pedagogical Institute named after A.P. Gaidar is a branch of the National Research Nizhny Novgorod State University named after N.I. Lobachevsky, Arzamas, Nizhny Novgorod Region, Russia
vertolotik@yandex.ru

Abstract. The vegetation of the Prisursky Nature Reserve has been insufficiently studied. The reserve's location at the border of nemoral and taiga community types, along with significant topographical heterogeneity, creates various combinations of these communities. The aim of this study is to identify the relationship between the patterns of forest vegetation distribution and the landscape structure. The research was conducted in the Alatyrsky section of the Prisursky State Nature Reserve (Chuvashia). A geobotanical profile measuring 5.5 km was established

in the basin of the River Lyulya, extending from the watershed to the floodplain. Within this profile, the additional 9 shorter profiles were built. A total of 314 geobotanical descriptions were used for analysis, conducted according to the Braun-Blanquet methodology on plots of 100, 25 and 2.5 m². To characterise the phytocenoses, the ratio of the main ecological-cenotic groups of species was analysed. The ecological space of the ecotopes was assessed using the scoring ecological scales developed by D.N. Tsiganov. Plant community types for phytocenosis characterisation were identified according to the principles of dominant classification. Forest catenae of two levels were described: the first-order catena (in the basin of the River Lyulya) and second-order catenae (its tributaries). Six types of ecotopes were identified in the first-order catena, with background and additional communities described for each. A comparative analysis of the species composition and the ratio of ecological-cenotic groups of the plant cover in the two levels of catenae was conducted. The internal heterogeneity of plant communities, related to topographical irregularities, is an inherent characteristic that should be considered when describing the plant cover of areas with complex landscape structures. Moving from the upper to the lower parts of the first-order catena, there is an increasing participation of boreal species with a decreasing role of nemoral species; in the floodplain ecotope, the proportion of nemoral species rises again. The distribution of plant cover in catenae of different scales occurs in a similar manner.

Keywords: forest vegetation, catena, phytocenosis, ecotope, phytochora, ecological-cenotic groups of plants

For citation: Karakulova N.G. Spatial patterns of vegetation distribution of forest catenae at different levels of the Prisursky Reserve. Russian Journal of Ecosystem Ecology. 2025;10(2). (In Russ.). Available from: <https://doi.org/10.21685/2500-0578-2025-2-5>

Введение

В современной экологии и фитоценологии пространственное распределение растительных сообществ остается актуальным направлением для исследовательских работ. Особенный интерес представляют территории, с одной стороны, с различными сложными формами рельефа, и с другой стороны – присутствием в данном ландшафте как можно большего числа разнообразных сообществ естественного происхождения с характерным набором видов. В зоне хвойно-широколиственных лесов, на границе контакта неморальных и таежных типов сообществ, складываются наиболее сложные их сочетания, что в условиях значительной неоднородности земной поверхности предоставляет широкие возможности для выявления закономерностей размещения этих сообществ.

Модельным объектом для данной работы был выбран малый речной бассейн. Далее используются следующие относящиеся к нему понятия. Термин *катена* мы рассматриваем в объеме ландшафтно-геохимической катены [1] и понимаем под ним последовательность элементарных ландшафтов, расположенных по направлению гидрохимического стока. Катена – простейшая ландшафтная геохимическая система, состоящая из звеньев – элементарных ландшафтов. Поскольку большая часть земной поверхности образована совокупностью склонов, катена является наиболее распространенной формой организации ландшафта. В регионах, где преобладают равнины, самые большие по протяженности катены сформированы деятельностью рек.

В каждом звене катены можно выделить две составляющие: экотопическую и биотическую. Экотопический компонент, или *геокатена*, включает литологическую основу, подстилающие и почвообразующие породы, а также поверхностные и грунтовые воды. Элементами геокатены, ее территориальными единицами являются экотопы. Под *экотопами* мы понимаем участки земной поверхности, сходные по топографическому положению, мезо- и микрорельефу, по почвообразующей и подстилающей горной породе, по залеганию и характеру грунтовых вод [2].

В биотической составляющей катены нас интересуют растительные сообщества. Фитоценотический компонент катены в дальнейшем обозначается как *фитокатена* и включает ее растительный покров [3, 4]. Элементами фитокатены являются *фитохоры* – территориальные единицы растительного покрова [4, 5]. Экотопы и фитохоры можно рассматривать как звенья соответственно гео- и фитокатен. Существуют катены разных масштабов: от десятков метров до сотен километров, они определяются протяженностью участков от водораздела к руслу реки. Исследования показали, что для выявления закономерностей распределения растительного покрова в пределах конкретного ландшафтного района достаточной территорией служит бассейн малой реки третьего-четвертого порядка [6].

Цель настоящего исследования – выявление закономерностей распределения лесной растительности в связи со структурой ландшафта.

Материалы и методы

Алатырский участок государственного природного заповедника «Присурский» (Чувашия) расположен в Среднем Поволжье, на северной оконечности Приволжской возвышенности в бассейне среднего течения р. Суры. Его площадь составляет 9025 га. Участок находится в центральной части Присурского лесного песчаного массива, высота над уровнем моря составляет 95–221 м. Геологической основой массива являются нижнемеловые и юрские глины, перекрытые песчаным чехлом четвертичного возраста эолового происхождения мощностью от 0 до 23 м, в среднем его мощность составляет 4,7 м [7]. Территория участка характеризуется хорошо развитой овражно-балочной системой при значительном распространении эоловых форм рельефа.

Разнообразие форм рельефа территории и пограничное положение на стыке двух зон (широколиственных лесов и южной тайги) способствовали возникновению значительной неоднородности растительного покрова на территории исследованного участка. Длительная история природопользования, а в особенности интенсивное воздействие человека в последние 100 лет усилили неоднородность в распределении растительности.

В работе рассматриваются катены двух уровней: катена р. Люля (правый приток р. Суры) и несколько катен более мелких водотоков – ее притоков, далее упоминаются как катены 1-го и 2-го порядка соответственно. Катена 1-го порядка состоит из части междуречья и склона правого борта южной экспозиции долины р. Люля в среднем ее течении. Катены 2-го порядка представлены склонами от плакорных участков к руслам малых рек и ручьев – притоков р. Люля. Катены 2-го порядка отличаются меньшими размерами и более простой структурой.

Исследования проведены в течение 5 лет. В бассейне р. Люля от водораздела к пойме был заложен геоботанический профиль [8]. Описания растительности по профилю делали регулярно-групповым способом на временных площадках размером 100 м² по методике Браун – Бланке [9]. В пределах профиля на склонах к водотокам более высокого порядка закладывали линейные профили (трансекты), на них размещали площадки размером 25 и 2,5 м² в зависимости от протяженности склонов. Всего построено 9 профилей притоков р. Люля. Описания делали также в наиболее распространенных типах растительных сообществ заповедника.

Для анализа использованы 314 геоботанических описаний, из них 175 на площадках 100 м², 114 описаний на площадках 25 м² и 25 описаний на площадках 2,5 м².

Для характеристики сообществ и фитоценозов анализировали соотношение основных эколого-ценотических групп видов. В работе была использована эколого-ценотическая группировка видов сосудистых растений центральной России, составленная О. В. Смирновой (с участием О. И. Евстигнеева и Т. О. Яницкой) на основе экологических групп А. А. Ниценко [10] с учетом исторических свит Г. М. Зозулина [11]. Учитывали следующие группы сосудистых растений: группы теневых лесов – неморальная (Nm), бореальная (Br) и нитрофильная (черноольховая, Nt) группы; боровая группа (Pn); группа светлых местообитаний – ксерофитных и мезофитных лугов и рудеральная (Md); группа водных местообитаний – водная (Wt) и водноболотная (Sw), а также группа верховых сфагновых болот (Olg). Оценку экологического пространства экотопов проводили по балльным экологическим шкалам Д. Н. Цыганова. Непрямую ординацию описаний и кластерный анализ проводили в программе PC-Ord. Типы растительных сообществ для характеристики фитоценозов выделялись в соответствии с принципами доминантной классификации [12, 13].

Результаты и обсуждения

В качестве модельного речного бассейна Присурского лесного массива был выбран бассейн р. Люля. Ландшафтный профиль был заложен в центральной части заповедника, где возраст деревьев верхнего яруса, по материалам последнего лесоустройства, составлял не менее 40 лет. Протяженность профиля составила 5,5 км при перепаде высот более 90 м. В пределах профиля рассматривались геокатена и фито-катена 1-го порядка.

В *геокатене 1-го порядка* по положению в рельефе, сходству подстилающих и почвообразующих пород и характеру мелких форм рельефа выделено 6 типов экотопов (экотопы 1-го порядка, рис. 1):

- 1) водораздельное пространство;
- 2) верхние пологие части склона водораздела;
- 3) средние пологоволнистые части склона водораздела;
- 4) нижние волнистые части склона водораздела;
- 5) первая надпойменная терраса;
- 6) высокая пойма.

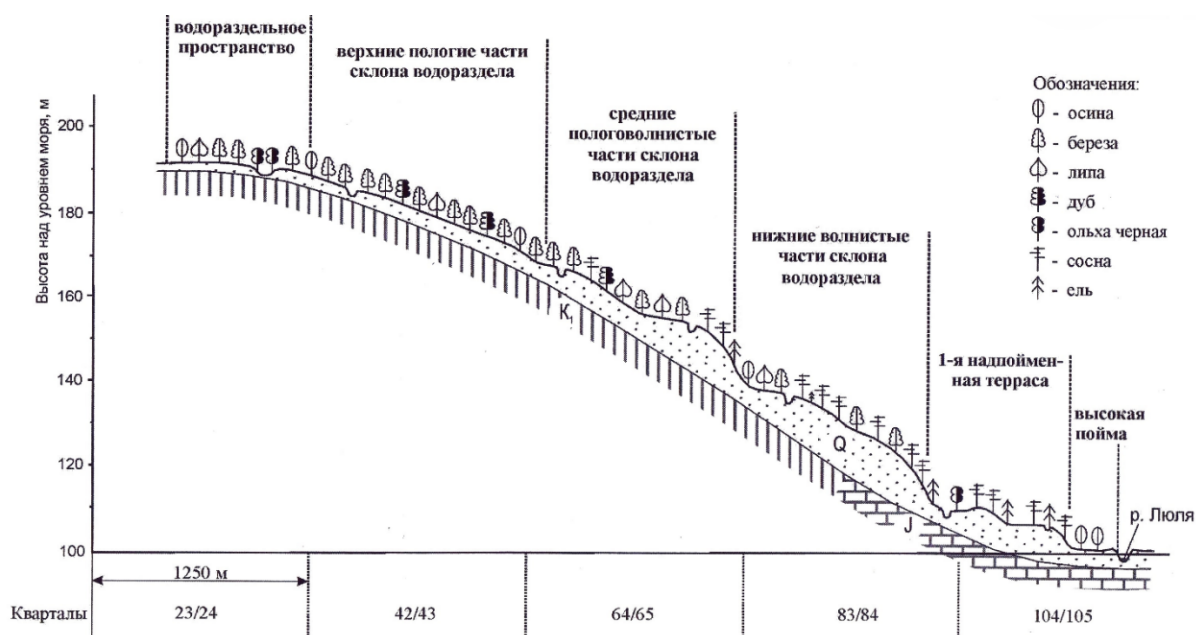


Рис. 1. Схематическое строение ландшафтной катены р. Люля Алатырского участка заповедника «Присурский»: K_1 – нижнемеловые глины; J – юрские глины; Q – четвертичные песчаные отложения

Fig. 1. Schematic structure of the landscape catena of the Lyulya River, Alatyrsky section of the Prisursky Nature Reserve: K_1 – Lower Cretaceous clays; J – Jurassic clays; Q – Quaternary sandy deposits.

Следует отметить, что все выделенные экотопы на местности хорошо дифференцированы друг от друга не только по положению в мезорельефе, но и по ряду других признаков: характеру мелких форм рельефа внутри экотопов (балки, песчаные дюны, бессточные понижения и т.п.), степени дренированности территории, преобладающим почвам.

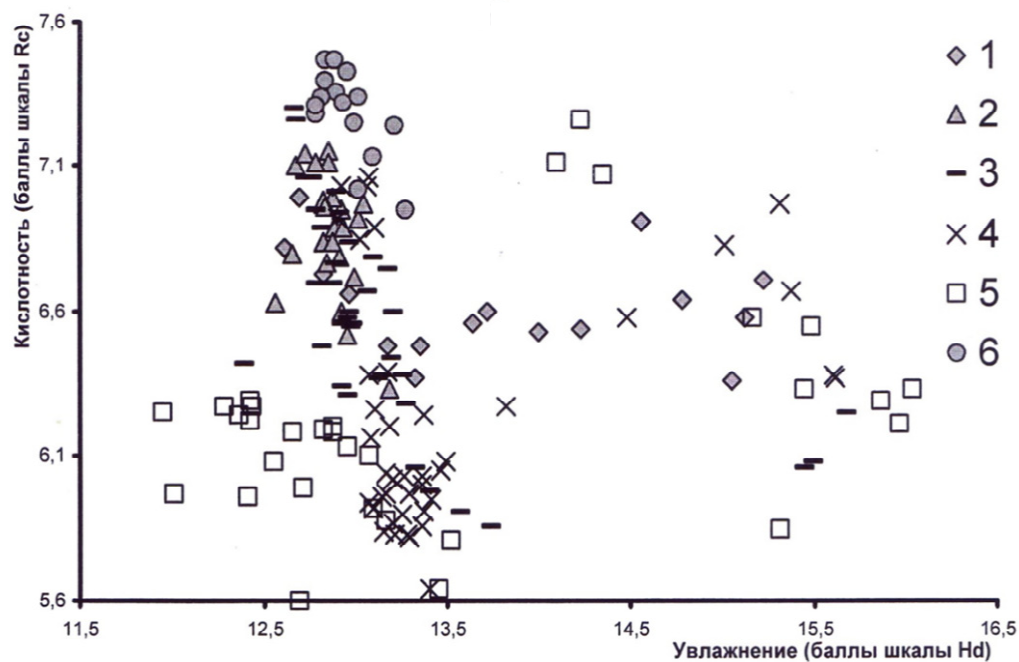
Для сравнения экологического пространства экотопов катены 1-го порядка была проведена ординация пробных площадей по факторам увлажнения и кислотности почв, при этом значение каждого экологического фактора оценивалось по составу и обилию видов растительного покрова (рис. 2).

Результаты ординации показали, что экологические пространства экотопов по этим факторам в значительной степени перекрываются. Особенно разнообразны по увлажнению и кислотности почв экотопы 3, 4, и 5, что связано с гетерогенностью рельефа: развитой овражно-балочной сетью и значительным количеством золовых форм. Тогда те же самые площадки были сгруппированы по другому признаку – по положению в мелких формах рельефа. Всего таких типов выделено пять: выровненная поверхность, пологоволнистые поверхности, дюны, бессточные депрессии, поймы рек и ручьев. Оказалось, что экологическое пространство почти всех таких групп существенно различается по диапазонам варьирования влажности или кислотности. Таким образом, присутствие мелких форм рельефа с перепадом высот

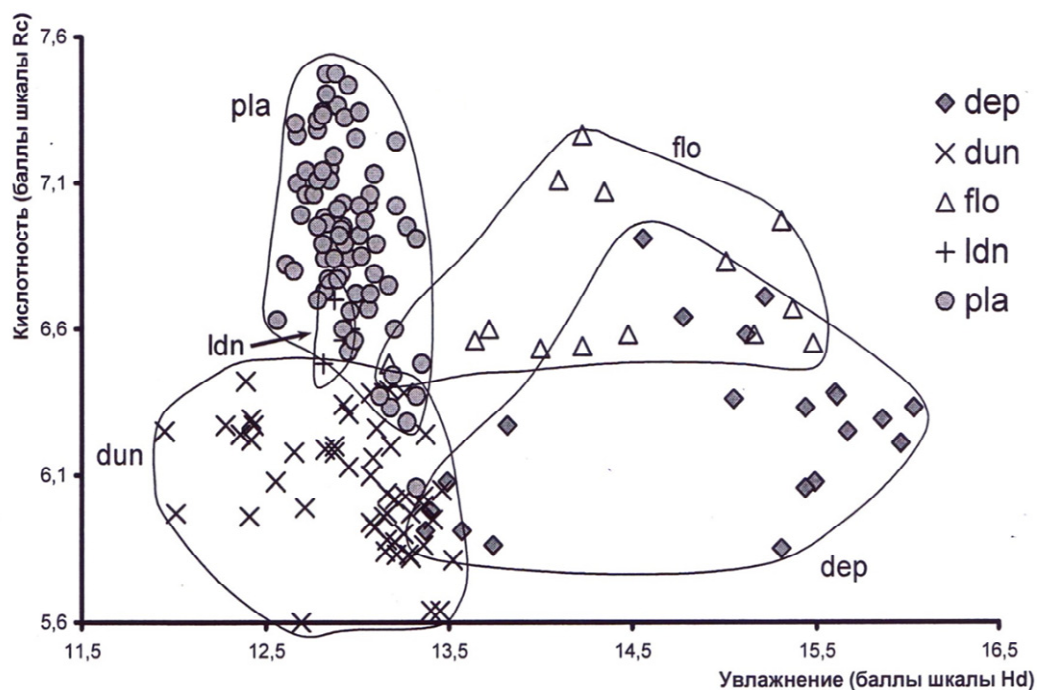
порядка нескольких метров оказывает гораздо большее влияние на диапазон варьирования экологических режимов исследуемого участка геокатены, чем собственное положение экотопа в составе катены 1-го порядка.

Характеристика фитоценозов в фитоценозе 1-го порядка. Фитоценозы на данном уровне рассматривались в рамках экотопов 1-го порядка. В пределах каждой фитоценозы были выделены сообщества, которые преобладают по площади (фоновые), и занимающие меньшую площадь (дополнительные). Следует отметить, что при характеристике растительности конкретной территории исследователи часто ограничиваются именно фоновыми сообществами. Однако при комплексном подходе обязательно следует учитывать сообщества, занимающие меньшую площадь, но являющиеся постоянными спутниками данного фонового сообщества при определенной степени неоднородности рельефа.

Сравнение фитоценозов 1-го порядка с учетом только фоновых сообществ показало значительные различия между ними: все фитоценозы 1-го порядка имеют разные фоновые сообщества. При этом по набору типов растительных сообществ (фоновые и дополнительные) фитоценозы, особенно смежные, проявляют существенное сходство. Сообщества, которые в данной фитоценозе являются фоновыми, в других фитоценозах могут выступать как дополнительные, т.е. в фитоценозах 1-го порядка меняется пространственная представленность сообществ при сохранении их общего набора (табл. 1).



a)



б)

Рис. 2. Положение площадок экотопов 1-го порядка в пространстве факторов увлажнения и кислотности почв. Площадки разделены на группы по следующим признакам:
а – по положению в экотопах 1-го порядка: 1 – водораздельное пространство; 2 – верхние пологие части склона водораздела; 3 – средние пологоволнистые части склона водораздела; 4 – нижние волнистые части склона водораздела; 5 – первая надпойменная терраса; 6 – высокая пойма;
б – по положению в мелких формах рельефа: *dep* – депрессии; *dun* – дюны; *flo* – поймы ручьев; *ldn* – пологоволнистые поверхности; *pla* – выровненная поверхность (плакор)

Fig. 2. The location of the first-order ecotop sites in the space of soil moisture factors and acidity.

The sites are divided into groups according to the following features:

- a – by location in the first-order ecotopes: 1 – watershed space; 2 – upper gentle parts of the watershed slope; 3 – middle gently undulating parts of the watershed slope; 4 – lower undulating parts of the watershed slope; 5 – first floodplain terrace; 6 – high floodplain; b – by location in small relief forms: *dep* – depressions; *dun* – dunes; *flo* – stream floodplains; *ldn* – gently undulating surfaces; *pla* – leveled surface (flat interfluv)

Таблица 1

Фоновые и дополнительные сообщества экотопов (и фитохор) 1-го порядка

Table 1

Background and additional communities of ecotopes (and phytochores) of the 1st order

Номер экотопа	Сосняки лишайниковые	Сосняки ландышево-зеленомошные	Сосняки бруснично-зеленомошные	Сосняки ландышево-вейниковые	Березняки с елью чернично-мелкотравные	Березняки осоково-снытевые	Березняки осоково-снытевые с влаголюбивыми видами	Березняки волосистоосоковые	Осинники осоково-снытевые	Осинники осоково-снытевые с черемухой	Широколиственный лес	Черноольшаники таволгово-крапивные	Черноольшаники сфагново-осоковые	Болота осоково-сфагновые	Болота пушицево-сфагновые	Всего типов сообществ
1						+	ф				+		+			4
2						ф	+	+	+							4
3		+		ф	+	+		ф					+			6
4			ф		+	+			+			+	+			6
5	+	ф	+		+							+		+	+	7
6										ф						1

ф – фоновое сообщество,

+ – дополнительное сообщество.

Обозначения экотопов: 1 – водораздельное пространство; 2 – верхние пологие части склона водораздела; 3 – средние пологоволнистые части склона водораздела; 4 – нижние волнистые части склона водораздела; 5 – первая надпойменная терраса – высокая пойма.

Структура фитокалены 1-го порядка. Поскольку фоновое сообщество является главной характеристикой фитохоры, при сравнении фитохор имеет смысл рассматривать только фоновые сообщества и флористически близкие им дополнительные сообщества, отличающиеся набором доминантных видов (особенно в верхнем ярусе) вследствие антропогенного воздействия. Остальные дополнительные сообщества

на данном этапе игнорируются. Используя это допущение, рассмотрим фитокалену 1-го порядка как последовательность фитохор только с фоновыми сообществами. Фитохоры при этом оцениваются по участию в составе сообществ видов разных эколого-ценотических групп.

Соотношение основных эколого-ценотических групп видов в фитокалене 1-го порядка изменяется следующим образом (рис. 3).

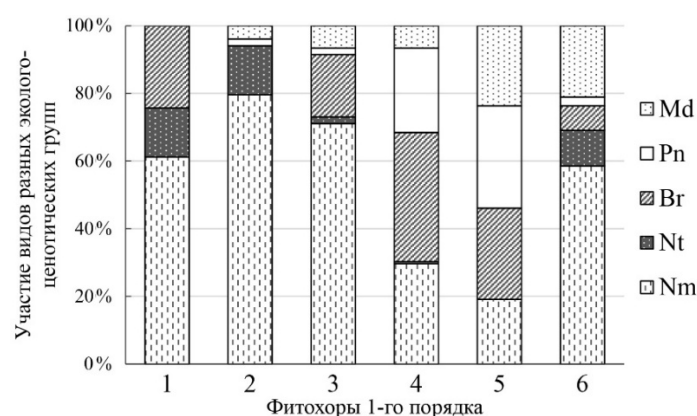


Рис. 3. Эколого-ценотические спектры фитохор 1-го порядка. Номера фитохор соответствуют номерам экотопов 1-го порядка (см. рис. 1): Nm – неморальная; Br – бореальная; Pn – боровая; Md – группа светлых местообитаний (лугово-опушечная); Nt – нитрофильная

Fig. 3. Ecological-coenotic spectra of phytochores of the 1st order. Phytochores numbers correspond to the numbers of ecotopes of the 1st order (see Fig. 1): Nm – nemoral; Br – boreal; Pn – pine forest; Md – group of light habitats (meadow-edge); Nt – nitrophilic

В фитоценозах экотопов 1, 2, и 3 преобладают неморальные виды, бореальные составляют не более 25 % видов на площадку. В фитоценозах экотопов 4 и 5 преобладают виды бореальной и боровой групп, в экотопе 5 значительна доля лугово-опушечных видов. В фитоценозах экотопа 6 снова возрастает роль неморальной группы, которая здесь доминирует, много также лугово-опушечных видов. Следовательно, в направлении гидрохимического стока в фитоценозе 1-го порядка происходит усиление участия бореальных видов при сокращении роли неморальных видов; в фитоценозе пойменного экотопа доля неморальных видов вновь возрастает.

Характеристика фитоценозов в катенах 2-го порядка. С целью выявления особенностей распределения растительного покрова на следующем, более низком уровне организации, исследовали фитоценозы малых рек и ручьев бассейна р. Люля – фитоценозы 2-го порядка. Фитоценозы 2-го порядка рассматриваются в пределах экотопов 2-го порядка.

В результате сравнительного анализа было выделено два наиболее распространенных типа фитоценозов 2-го порядка, которые были условно обозначены как неморальный и бореальный типы.

Неморальный тип фитоценозов распространен в экотопах 2 и 3 – в верхней и средней частях склона водораздела. Древесный ярус во всех звеньях катен представлен березой, осинкой с участием широколиственных видов и ели. В напочвенном покрове на плакорах и верхних частях склонов катен преобладают неморальные виды. В нижних частях склонов при доминировании неморальных видов значительное участие в сложении фитоценозов приобретают бореальные виды.

Наибольшего обилия бореальные виды достигают в узкой полосе шириной 0,5 м в самых нижних частях крутых склонов на переходе к днищу балок. В напочвенном покрове здесь появляются разнообразные зеленые мхи. Сообщества днищ балок имеют очень богатый видовой состав, в основном это неморальные и нитрофильные виды.

Бореальный тип фитоценозов встречается в экотопах 4,5 (нижняя часть склона водораздела и 1-я надпойменная терраса), а также отчасти в экотопе 3. Растительный покров плакорных участков представлен сосняками ландышево-и бруснично-зеленомошными. В верхних частях склонов сосна в верхнем ярусе продолжает доминировать, но состав напочвенного покрова изменяется: возрастает число и обилие бореальных видов. В нижних частях склонов в древесном ярусе сосна сменяется березой, осинкой, елью. Из напочвенного покрова исчезают боровые виды, доминируют бореальные. Характерной особенностью бореального типа фитоценозов является присутствие в нижней части склонов ряда неморальных видов. Особенно расширяется набор неморальных видов в основаниях пологих склонов к поймам малых рек и ручьев. В поймах, которые здесь становятся широкими, господствуют черноольшаники таволгово-крапивные. В соответствии с классификацией Л. Б. Заугольной [3], экотопический компонент фитоценозов неморального типа соответствует катенам промежуточного типа (между кислыми и нейтральными), а бореального – кислому типу.

В целом, фитоценозы 2-го порядка содержат меньшее число звеньев по сравнению с фитоценозом 1-го порядка, что очевидно следует из их меньшей протяженности (рис 4).

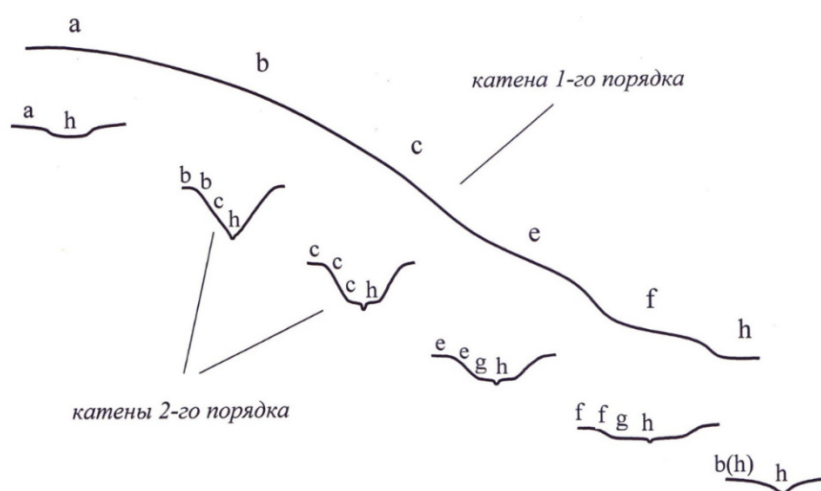


Рис. 4. Схема распределения фитоценозов в фитоценозах 1-го и 2-го порядков:
a, c – неморальный с участием бореальных видов; b – неморальный; g – неморально-бореальный;
e – бореальный с участием неморальных видов; f – бореальный; h – неморально-нитрофильный

Fig. 4. Phytocoheres distribution scheme in phytocatenas of the 1st and 2nd orders:
a, c – nemoral with participation of boreal species; b – nemoral; g – nemoral-boreal;
e – boreal with participation of nemoral species; f – boreal; h – nemoral-nitrophilic

Фитокатены 2-го порядка различаются в верхней части склонов и сходятся по флористическому составу и соотношению эколого-ценотических групп в нижней части склона. Причем чем ближе к основанию катен расположены фитохоры 2-го порядка, тем меньше проявляются различия между ними. Фитохоры пойменных участков очень похожи по эколого-ценотическим спектрам.

Следует отметить, что именно в нижних частях склонов долин рек и ручьев сохраняется соотношение бореальных и неморальных видов, свойственное смешанным елово-широколиственным лесам Русской равнины. Эти экотопы являются своеобразными рефугиумами данного типа растительности и впоследствии могут служить источниками для восстановления существовавших ранее на данной территории елово-широколиственных лесов.

Сопоставление структуры фитокатен разных уровней. Как было показано, в фитокатенах 1-го и 2-го порядков существуют определенные закономерности смены фитохор по рельефу.

Эти закономерности можно проследить как смену эколого-ценотических комплексов (ЭЦК) соответствующих фитохор. Под ЭЦК мы понимаем растительные сообщества с определенным соотношением эколого-ценотических групп видов. Далее в составе фоновых сообществ фитохор отслеживали соотношение видов широколиственных лесов (неморальная группа) и хвойных лесов. Для удобства бореальные таежные и бореальные боровые виды учитывали вместе (бореальная группа).

По соотношению этих двух групп видов фитокатену 1-го порядка можно описать следующим образом. На водораздельных пространствах преобладают неморальные виды с участием (до 30 %) бореальных. В верхних частях склона доля бореальных видов сокращается (менее 20 %) при господстве неморальных. Далее идет постепенный рост участия бореальных видов, в нижних частях склона водораздела бореальные виды составляют уже 30–50 %, а на песчаной надпойменной террасе они занимают господствующее положение. В пределах высокой поймы вновь преобладают

неморальные виды при значительном участии нитрофильных.

В результате анализа и сравнения между собой фитокатен 2-го порядка и сравнения их с фитокатеной 1-го порядка выявлены следующие закономерности в размещении фитохор.

1. Последним звеном всегда является неморально-нитрофильный комплекс.

2. Фитокатены 2-го порядка можно рассматривать как сокращенные варианты фитокатены 1-го порядка. Они начинаются звеньями, характерными для фоновой растительности экотопа 1-го порядка, в котором они расположены, и включают только нижележащие звенья катены 1-го порядка (рис. 4).

3. В фитокатенах разного масштаба смена ЭЦК по катене происходит неравномерно: существуют как зоны с постепенной сменой ЭЦК, так и зоны с отчетливыми границами между ЭЦК.

Заключение

Внутренняя неоднородность растительных сообществ, связанная с неоднородностями рельефа, является их неотъемлемой характеристикой и обязательно должна учитываться при характеристике растительного покрова территорий со сложной ландшафтной структурой. Кроме фоновых, следует выявлять дополнительные растительные сообщества для каждого типа экотопов.

В направлении от верхних к нижним звеньям фитокатены 1-го порядка происходит усиление участия бореальных видов при сокращении роли неморальных, в фитохоре пойменного экотопа доля неморальных видов вновь возрастает.

Фитокатены 2-го порядка сходятся по флористическому составу в нижней части склона, в верхней части склона сходство минимально. В нижних частях склонов долин рек и ручьев сохраняется соотношение бореальных и неморальных видов, свойственное потенциальной растительности исследуемой территории – смешанным елово-широколиственным лесам.

Распределение растительного покрова по рельефу в катенах разного масштаба происходит сходным образом.

Список литературы

1. Ландшафтно-геохимические основы фонового мониторинга природной среды / под ред. М. А. Глазовской. М., 1989. 264 с.
2. Ипатов В. С. Отражение динамики растительного покрова в синтаксономических единицах // Ботанический журнал. 1990. Т. 75, № 10. С. 1380–1388.
3. Заугольнова Л. Б. Характеристика лесных фитокатен в подзоне хвойно-широколиственных лесов // Бюллетень московского общества испытателей природы. Отдел биологический. 2001. Т. 106, вып. 5. С. 42–50.
4. Сочава В. Б. Классификация растительности как иерархия динамических систем // Геоботаническое картографирование. 1972. С. 3–18.

5. Норин Б. Н. О функциональной структуре растительных группировок лесотундры // Ботанический журнал. 1970. Т. 55, № 2. С. 170–183.
6. Заугольнова Л. Б. Основные типы катен и распределение лесного покрова // Восточноевропейские леса. История в голоцене и современность. М. : Наука, 2004. Кн. 2. С. 142–161.
7. Дедков А. П., Дистанов У. Г., Латыпов Н. Г. О происхождении песков лесного Засурья // Труды геологического института. 1971. Вып. 29. С. 42–49.
8. Султанова Н. Г. Распределение лесной растительности в связи со структурой ландшафта на примере заповедника «Присурский»: дис. ... канд. биол. наук : 03.00.16. Пушкино, 2004. 186 с.
9. Сохранение и восстановление биоразнообразия / под ред. М. В. Гусева, О. П. Мелеховой, Э. П. Романовой. М. : Изд-во науч. и учебно-методич. центра, 2002. 286 с.
10. Нищенко А. А. Об изучении экологической структуры растительного покрова // Ботанический журнал. 1969. Т. 54, № 7. С. 1002–1014.
11. Зозулин Г. М. Исторические свиты растительности европейской части СССР // Ботанический журнал. 1973. Т. 58, № 8. С. 1081–1092.
12. Курнаев С. Ф. Основные типы леса средней части Русской равнины. М. : Наука, 1968. 354 с.
13. Рысин Л. П. Сосновые леса европейской части СССР. М. : Наука, 1975. 212 с.
14. Алехин В. В. Комплексы и построение экологических рядов ассоциаций // Бюллетень московского общества испытателей природы. Отдел биологический. 1923–1924. Т. 32, вып. 1-2. С. 99–112.
15. Холод С. С. Классификация фитокатен горных склонов // Ботанический журнал. 1991. Т. 76, № 9. С. 1239–1249.
16. Цыганов Д. Н. Фитоиндикация экологических режимов в подзоне хвойно-широколиственных лесов. М. : Наука, 1983. 197 с.

References

1. Glazovskaya M.A. *Landshaftno-geokhimicheskie osnovy fonovogo monitoringa prirodnoy sredy = Landscape-geochemical bases of background monitoring of the natural environment*. Moscow, 1989:264. (In Russ.)
2. Ipatov V.S. Reflection of vegetation dynamics in syntaxonomic units. *Botanicheskiy zhurnal = Botanical journal*. 1990;75(10):1380–1388. (In Russ.)
3. Zaugol'nova L.B. Characteristics of forest phytocatenas in the subzone of coniferous-broadleaf forests. *Byulleten' moskovskogo obshchestva ispytateley prirody. Otdel biologicheskii = Bulletin of Moscow Society of Naturalists. Biological series*. 2001;106(5):42–50. (In Russ.)
4. Sochava V.B. Vegetation classification as a hierarchy of dynamic systems. *Geobotanicheskoe kartografirovaniye = Geobotanical mapping*. 1972:3–18. (In Russ.)
5. Norin B.N. On the functional structure of plant groups in the forest-tundra. *Botanicheskiy zhurnal = Botanical journal*. 1970;55(2):170–183. (In Russ.)
6. Zaugol'nova L.B. Main types of catenas and distribution of forest cover. *Vostochnoevropeyskie lesa. Istoriya v golotsene i sovremennost' = Eastern European Forests: History in the Holocene and the Present*. Moscow: Nauka, 2004;(bk.2):142–161. (In Russ.)
7. Dedkov A.P., Distanov U.G., Latypov N.G. On the origin of the sands of the forest Zasurye. *Trudy geologicheskogo instituta = Proceedings of the Geological Institute*. 1971;(29):42–49. (In Russ.)
8. Sultanova N.G. Distribution of forest vegetation in relation to landscape structure using the example of the Prisursky Nature Reserve: PhD dissertation. Pushchino, 2004:186. (In Russ.)
9. Gusev M.V., Melekhova O.P., Romanova E. P. *Sokhraneniye i vosstanovleniye bioraznoobraziya = Conservation and restoration of biodiversity*. Moscow: Izd-vo nauch. i uchebno-metodich. tsentra, 2002:286. (In Russ.)
10. Nitsenko A.A. On the study of the ecological structure of vegetation. *Botanicheskiy zhurnal = Botanical journal*. 1969;54(7):1002–1014. (In Russ.)
11. Zozulin G.M. Historical suites of vegetation of the European part of the USSR. *Botanicheskiy zhurnal = Botanical journal*. 1973;58(8):1081–1092. (In Russ.)
12. Kurnaev S.F. *Osnovnye tipy lesa sredney chasti Russkoy ravniny = The main types of forests in the central part of the Russian Plain*. Moscow: Nauka, 1968:354. (In Russ.)
13. Rysin L.P. *Sosnovye lesa evropeyskoy chasti SSSR = Pine forests of the European part of the USSR*. Moscow: Nauka, 1975:212. (In Russ.)
14. Alekhin V.V. Complexes and construction of ecological series of association. *Byulleten' moskovskogo obshchestva ispytateley prirody. Otdel biologicheskii = Bulletin of Moscow Society of Naturalists. Biological series*. 1923–1924; 32(1-2):99–112. (In Russ.)
15. Kholod S.S. Classification of mountain slope phytocatenas. *Botanicheskiy zhurnal = Botanical journal*. 1991;76(9):1239–1249. (In Russ.)
16. Tsyganov D.N. *Fitoindikatsiya ekologicheskikh rezhimov v podzone khvoyno-shirokolistvennykh lesov = Phytoindication of ecological regimes in the subzone of coniferous-broadleaf forests*. Moscow: Nauka, 1983:197. (In Russ.)