

УДК 630:628.8:911.5(581.5)

ФРАГМЕНТАЦИЯ И РАЗНООБРАЗИЕ ЛЕСОВ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА “ВАЛДАЙСКИЙ”¹

© 2022 г. Е. А. Белоновская^а, *, А. Н. Кренке^а, А. А. Тишков^а,
Н. Г. Царевская^а, И. Г. Хмельщикова^б

^аИнститут географии РАН, Старомонетный пер., д. 29, Москва, 119017 Россия

^бНациональный парк “Валдайский”, ул. Победы, д. 5, Валдай, Новгородская обл., 175400 Россия

*E-mail: belena@igras.ru

Поступила в редакцию 25.03.2022 г.

После доработки 28.04.2022 г.

Принята к публикации 07.06.2022 г.

В статье рассматриваются актуальная мозаика, синтаксономическое разнообразие и формирующие их элементы современной динамики лесов национального парка “Валдайский”. При помощи дистанционных методов мониторинга лесного покрова проведена оценка степени его унаследованной природной и антропогенной фрагментации, соотношения площадей, занятых разными лесными сообществами, интенсивности облесения лугов после 1990 г. (годы создания национального парка). По материалам космических снимков Sentinel-2В (2017) высокого разрешения (10–60 м) построен фрагмент карты лесов Валдайского лесничества, фиксирующий их современное состояние, природную и антропогенную мозаику и сукцессионные тренды. Для оценки многообразия лесных сообществ выделены основные синтаксоны флористической классификации растительности парка и непосредственно лесов и уточнено их соотношение с единицами доминантной классификации и лесохозяйственной типологии. Дается краткий ретроспективный анализ аграрного освоения региона и его последствий для структуры и динамики лесов территории парка. Сделан вывод о развитии в последние десятилетия резерватогенных сукцессий (залесение лугов) и усилении рекреационной дигрессии лесов береговой зоны озер Велье, Валдайское, Ужин и др. Отмечено, что парк теряет веками формирующийся на Валдайской возвышенности древнерусский лесо-поле-луговой ландшафт, обладающий высоким биологическим и ландшафтным разнообразием. Выявление закономерностей природной и антропогенной ландшафтной мозаики позволит более обоснованно регулировать разрешенную хозяйственную, в том числе рекреационную, деятельность на землях, входящих в границы парка, и не допускать снижения исходного биоразнообразия.

Ключевые слова: структура, разнообразие и динамика лесов, национальный парк “Валдайский”, природная и антропогенная фрагментация, сукцессии, дигрессивно-демутационные процессы, дистанционные методы, синтаксоны лесной растительности.

DOI: 10.31857/S002411482206002X

Суть современной структуры и динамики лесов национального парка “Валдайский” лежит в области их истории и хозяйственного использования. Делать вид, что мы заповедовали и сохраняем здесь коренные леса, — ошибка и с научных, и с прикладных природоохранных позиций. Понятно, что для эффективной охраны лесного покрова парка важно знать и учитывать при планировании мероприятий по мониторингу состояния, сохранения и рекреационного использования экосистем генезис местных лесов и их природное и антропогенное разнообразие.

История изучения лесов Валдайской возвышенности в отношении состава флоры, структу-

ры и динамики покрова сравнительно короткая. Известный ботаник Христофор Гоби в работе “О влиянии Валдайской возвышенности на географическое распространение растений ...” (1876) отмечал, что, как и во времена путешествия И.А. Гюльденштедта (1768), П. Палласа и С.Г. Гмелина, возвышенная часть от Едрово до Яжелбиц была почти безлесна. Академик И.П. Бородин, стоявший у истоков заповедного дела в России (Чибилев, Тишков, 2012, 2018), опубликовал работы “Добавление к флоре Валдайского уезда Новгородской губернии” (1894) и “Ботанические экскурсии в Валдайском и Вышневолоцком уездах летом 1895 г.”, в которых отмечал природоохранную ценность Валдая. Его идея создания национальных парков, памятников природы

¹ Статья выполнена по теме Госзадания FMGE-2019-0007 (AAAA-A19-119021990093-8).

и заповедных участков в лесах воплотилась в проекте географической сети заповедных территорий России 1917 г. (Чибилев, Тишков, 2012), в котором в качестве перспективной “местности” фигурировал и национальный парк “Валдайский моренный”.

Еще в XIX в. многими исследователями обосновывалась важная водоохранная и водорегулирующая роль лесов Валдая. Здесь в 1890-х гг. работал выдающийся ученый-лесовед М.К. Турский, который изучал гидрологическую роль лесов для выявления источников питания главнейших рек Европейской России и определял оптимальную лесистость их истоков. Изучением лесов Валдайской возвышенности в конце XIX в. занимался выдающийся ботаник и географ В.Л. Комаров. В его работе “Дополнение к списку растений западных уездов Новгородской губернии” (Комаров, 1896) отмечено, что еловые леса были и остаются основной формацией Валдая, но сохраняется и их “неморальный” облик, особенно участков, занятых дубом черешчатым (*Quercus robur* L.), вязами и другими широколиственными породами.

На Валдае работали известный геоботаник, в 1930-х годах сотрудник Института географии, Ю.Д. Цинзерлинг (1934), ученый-лесовод Н.П. Кобранов, который выделил разные формы ели переходных форм от ели европейской (*Picea abies* L.) к ели сибирской (*P. obovata*) и считал регион “музеем генетических форм ели”. Как отмечал Б.Н. Моисеев (2005), все это было учтено при создании в 1936 г. Валдайского государственного заповедника общей площадью 5,2 тыс. га. Но архивные источники (ГАНУ, ф. Р-3294, оп.15 д.1) свидетельствуют, что еще в 1919 г. постановлением Главного Комитета по делам музеев и охраны памятников природы леса на островах Валдайского озера были признаны памятником природы. Территория заповедника располагалась по берегам озера, а острова и 200-метровая зона вокруг них относилась к заповедной зоне. При устройстве лесов заповедника было установлено, что возраст отдельных деревьев сосны достигал 300, а ели — 250 лет, их наибольшие диаметры составляли около 1 метра, а высота — до 36 м. На острове Рябиновый была обнаружена рябина высотой до 18 м и диаметром ствола 44 см и 400-летний можжевельник высотой 12 м и диаметром 28 см. В 1938 г. к заповеднику были присоединены лесные участки урочища “Красные горы” Боровенской дачи площадью 700 га, где имелись участки леса с преобладанием дуба, ясеня и клена. В 1940 г. Валдайский заповедник был включен в состав вновь организованного Валдайского лесхоза на правах лесничества с ведением заповедного хозяйства. Штатные единицы научных сотрудников были сокращены, и исследовательская деятельность завершилась. В 1977 г. на территории быв-

шего заповедника был выделен комплексный заказник (Авдеев, 1998).

Существенные для понимания динамики леса сведения были собраны в книге А.А. Молчанова (Молчанов, 1973), где автор представил результаты гидрологических исследований, проводимых Валдайской научно-исследовательской лабораторией (ныне Валдайский филиал ГГИ Росгидромета). С 1937 г. С.Ф. Федоров (1977) обобщил данные многолетних (1955–1974 гг.) исследований влияния местных лесов на осадки, испарение и сток. В 1969 г. в лесах Валдая были начаты работы сотрудников кафедры геохимии ландшафтов и географии почв географического факультета под руководством М.А. Глазовской и кафедры общего почвоведения биолого-почвенного факультета МГУ по Международной биологической программе (Экология и продуктивность ..., 1980). А в 1973 г. по инициативе профессора Ю.А. Исакова и под руководством М.В. Глазова был создан Валдайский стационар Института географии РАН. Первоначально здесь проводились исследования продуктивности еловых лесов и верховых болот, их структуры, функционирования и динамики. Результаты исследований лесов опубликованы в книгах (Базилевич и др., 1986; Глазов, 2004), тематических сборниках (Организация экосистем ..., 1979; Структура и функционирование ..., 1986) и статьях (Тишков, 1979, 2010 и др.).

Б.Н. Моисеев (1988, 2005) отмечает, что старт обоснованию создания на Валдае национального парка был дан в начале 1980-х гг. В 1983 г. ВНИИ охраны природы и заповедного дела (ВНИИприрода) развивал исследование биологической продуктивности лесов Валдайской возвышенности, начатые МГУ и Институтом географии РАН. Было заложено более 200 временных и постоянных пробных площадей, которые были размещены с учетом естественных сукцессионных рядов лесов (Моисеев, 1988). А идея создания парка, как пишет автор (Моисеев, 2005), родилась на стационаре Института географии, на лесном кордоне на берегу р. Валдайки, и была поддержана сотрудниками ВФ ГГИ и руководством Валдайского района. Официальное представление в Правительство РФ было подготовлено ВНИИприроды в 1989 г. Проектные работы осуществил институт “Союзгипролесхоз” при участии всех научных организаций, проводивших исследования на Валдае.

На момент создания парка вошедшие в него лесные земли занимали 136,2 тыс. га (85,9%), в т. ч. покрытых лесной растительностью — 133,2 тыс. га (84,1%). В растительном покрове были представлены еловые, сосновые и березовые леса, участки северных дубрав с лещиной, ясенем, неморальным разнотравьем, верховые болота, суходольные луга. Насаждения с преобладанием ели занимали 28%, березы — 36%, сосны — 17%, ольхи се-

рой — 16%, осины — 3%. Эти данные сейчас интересны только с позиций ретроспективного мониторинга заповедных земель. В границы парка, но не в состав его территории вошли и земли поселений, и сельскохозяйственные земли, занятые в основном водораздельными лугами и полями. Большинство полей с момента создания парка были заброшены, а луга перестали выкашиваться. Следует добавить, что перед организацией парка лесозаготовительные компании вырубili несколько тысяч га старовозрастных ельников и сосняков и провели выборочные рубки леса вблизи местных автомобильных дорог, соединенных с магистралью М-10 “Россия” для удобства вывоза древесины.

Эта ситуация добавила динамичности лесному покрову и привела к тому, что его структура существенно менялась все последние десятилетия. А если учесть, что значительные лесные площади парка представляют собой вырубки 1930–1950-х гг. (например, озера Валдайское и Ужин после подпора стока на р. Валдайке и поднятия уровня воды использовались для молевого сплава древесины, вырубавшей по их берегам), то доминирующим процессом динамики заповедных лесов парка остается демутация.

Все перечисленное выше важно для понимания современной многолетней динамики, природной и антропогенной фрагментации лесов центральной части национального парка “Валдайский”. Этому и посвящена настоящая статья.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКА

Материалами исследований послужили результаты дистанционного и наземного (полевого) изучения флоры национального парка “Валдайский” в последние десятилетия (Тишков, 1979, 1986, 2010, 2015; Морозова и др., 2010; Белоновская и др., 2014, 2019а, б; и др.). Исследования проводились на территории национального парка “Валдайский” в 2000–2021 гг., занимающего 158500 га в пределах Валдайского, Демянского и Окуловского районов Новгородской области. Он организован для сохранения лесных, болотных и озерных экосистем, а также традиционного древнерусского ландшафта. Исследуемая территория лежит в пределах Валдайско-Онежской ботанико-географической подпровинции Северо-европейской таежной провинции. Наиболее широко распространенным зональным типом лесной растительности здесь являются еловые леса (Растительность ..., 1980).

Оценка степени фрагментированности и размерности природных и антропогенных контуров лесного покрова детально освещена в нашей работе (Белоновская и др., 2014). В ней использовался метод итеративной дихотомической классифика-

ции (Кренке, Пузаченко, 2008). Его алгоритм — последовательное разделение всего множества объектов космического снимка на две группы. При обработке данных дистанционного зондирования (ДДЗ) эти объекты являются пикселями, содержащими различные каналы съемки, производные от них индексы и т.п. На первом этапе классификации все множество изображений разбивается на два класса, исходя из их контрастности и отличий друг от друга. На следующем этапе каждый полученный класс делится еще раз пополам по такому же принципу. Таким образом, количество классов на этапе с номером “ n ” = 2^n . Данный метод позволяет отделить на каждом этапе наиболее “различные” группы объектов и потом уже осуществлять деление внутри них. Следовательно, если на некотором этапе выделится класс “Лесной растительности”, то дальнейшее деление внутри него будет выделять относительно небольшие спектральные различия между разными типами леса. Практика (Козлов и др., 2008) показывает, что при использовании ДЗЗ и результатов полевых (в нашем случае геоботанических) наблюдений можно различать элементы растительного покрова.

Для первичной классификации спектральных изображений территории национального парка “Валдайский” и прилегающих территорий использованы две сцены LANDSAT 8. Мозаика этих двух сцен отражает состояние растительного покрова на конец августа. Изначальное разрешение сцен составляло 30 м, но для удобства обработки оно было уменьшено до 60 м. Мозаика сцен в дальнейшем обрезана по границам парка. В связи с необходимостью получения информации о разнообразии растительного покрова, процедура дихотомической классификации была остановлена на 4 уровне (16 классов), когда средняя доля класса составила 6% от территории, а средняя площадь “гомогенного контура” — около 1,9 га. Полученные 16 классов, описывающие различные состояния поверхности были обобщены до 9 основных элементов лесного покрова через использование спектральных образов, полученных ранее (Козлов и др., 2008; Кренке, Пузаченко, 2008).

В статье использован индекс фрагментированности, учитывающий и разнообразие растительных сообществ на площади, и компактность их размещения. Индекс ведет в “плавающем квадрате” поиск смежных пикселей одного типа и поиск границ одного типа с другим, так у пиксела одного типа, окруженного восемью пикселями другого типа, индекс “границности” будет максимальным (+8), а индекс смежности будет равным нулю. В свою очередь, если окружающие его пиксели будут все разных типов, то их индекс “границности” также возрастает, если нет, то увеличится индекс смежности. Таким образом, происходит учет и смежности, и разнообразия типов.

Индекс вычисляется как разность индекса “граничности” (B_r) и индекса смежности (P_t), нормируется индексом “граничности”: $(B_r - P_t)/B_r$. Следовательно, он принимает значения от 0 до 1, при этом нулю соответствует полностью не фрагментированные объекты. Методика анализа фрагментации лесов Валдая была апробирована ранее и опубликована (Белоновская и др., 2014).

Для составления карты растительности и выявления ее актуальной мозаики на участке Валдайского лесничества применены мультиспектральные данные спутника Sentinel-2B, дата съемки 25 сентября 2017 года; номер сцены: S2B_tile_20170925_36VWK_0 с разрешением от 10 до 60 м. Система координат WGS 84 UTM zone 36N. Используются спектральные каналы 1–8, 11, 12.

Для создания полигональных слоев (“Луга”, “Сырые луга и Низинные болота”, “Верховые и Переходные болота”, “Водоемы”, “Ельники”, “Сосняки”, “Ольшаники”, “Березняки”, “Смешанный лес”) проводилась контролируемая классификация методом максимального подобия в программе *ArcGIS for Desktop* 10.3.1.4959 дважды для отдельных групп полигональных слоев, в первую очередь – водных объектов. Результат классификации уточнялся по космическим снимкам *AcrImagery*. Для классификации слоев “Ельники”, “Сосняки”, “Ольшаники”, “Березняки”, “Смешанный лес” был подготовлен растр, исключавший водные объекты, селитебные участки, а также луга.

Классификация проводилась методом максимального подобия, для которой был создан слой обучающей выборки. Оценка классов в обучающей выборке осуществлялась с помощью гистограммы и диаграммы рассеивания. Большинство классов выборки разграничены. Исключение составлял класс “Смешанный лес”, он перекрывал остальные классы, поэтому приоритет в выделении контуров классов отдавался сообществам с доминированием ели и серой ольхи. Постклассификационная обработка изображения состояла из фильтрации полученной информации, сглаживания границ классов и генерализации данных (в программе *Quantum GIS 2.14.8-Essen*).

Реконструкция голоценовой динамики лесов и история их хозяйственного освоения представлена по публикациям (Зайцев, 2009; Климанов и др., 2010; Tishkov et al., 2021).

Геоботанические и флористические исследования парка и прилегающих территорий проводились стандартными методами и к настоящему времени обобщены в ряде статей (Тишков и др., 2011; Белоновская и др., 2014, 2016, 2019а, б). Методы и результаты анализа синтаксономического разнообразия лесов Валдая изложены в известной работе К. Короткова (1991) и в последних публикациях авторов статьи (Белоновская и др., 2019а, б).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Голоценовая история лесов Валдая и их аграрного освоения. Споро-пыльцевой анализ торфяных разрезов голоцена на Валдае (Климанов и др., 2010; Tishkov et al., 2021) позволяет выделить этапы естественных изменений лесов, обусловленные климатическими, а с началом хозяйственного освоения – и антропогенными изменениями. В раннем голоцене, в бореальном периоде (10300–8800 кал. л. н.), Валдай был покрыт преимущественно березовыми лесами. Потепление климата в течение атлантического периода (8800–5700 кал. л. н.) способствовало появлению здесь дуба, вяза, липы, ясеня, ольхи, лещины и формированию зональных широколиственных, хвойно-широколиственных и неморальных ельников. Несмотря на похолодание в суббореальное время, в течение периода 5700–4000 кал. л. н., роль широколиственных пород в лесных формациях оставалась достаточно высокой. В то же время увеличение содержания пыльцы ели в спектрах на Валдайской возвышенности (Tishkov et al., 2021) и в бассейне Верхней Волги отражает активную экспансию ели – “верхний максимум ели”. Климатогенная деградация широколиственных сообществ была даже более глубокой. На этой территории господствующими растительными формациями стали южно-таежные ельники.

Существенные изменения лесов Валдая выявлены в интервале 4000–3000 кал. л. н. (средний суббореал). Они индицированы сокращением доли пыльцы ели и новым этапом увеличения содержания пыльцы широколиственных пород (липы, дуба и вяза) и березы (Климанов и др., 2010). В период после 3000 кал. л. н. еловые леса восстановили свои позиции на Валдае и в целом в Верхнем Поволжье (Гуман, Хотинский, 1981).

Глубокие изменения спорово-пыльцевых спектров происходят почти синхронно в торфяных разрезах Северо-запада Европейской России, в т. ч. и на Валдае, относятся к рубежу 1800–1500 кал. л. н. и, очевидно, могут быть связаны с влиянием хозяйственной деятельности (Tishkov et al., 2021). Выше этой хроностратиграфической границы в спектрах зафиксировано резкое сокращение участия пыльцы ели и снижение содержания пыльцы широколиственных пород, увеличение процентных соотношений пыльцы березы и сосны (пионерных пород деревьев на гарях и залежах). Особенно ярко уничтожение широколиственных лесов проявилось по пыльцевым данным разрезов в границах национального парка “Валдайский” (Климанов и др., 2010; Tishkov et al., 2021). В настоящее время хвойно-широколиственные леса и ельники неморальной группы занимают наиболее благоприятные для земледелия участки, и на заре становления сельского хозяй-

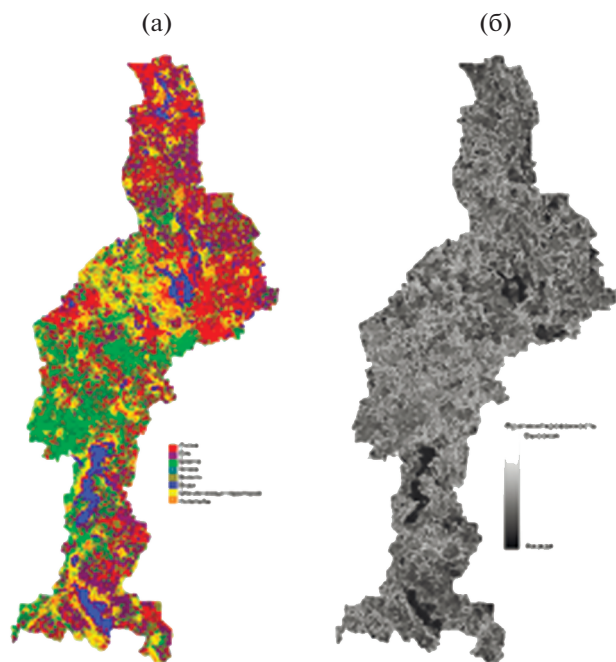


Рис. 1. Карта современной растительности национального парка “Валдайский” (а) и ее унаследованная фрагментированность (б). Цветом выделены контуры растительности по доминирующей породе (леса) и преобладающим биоморфам (луга, болота): красным – сосняки, фиолетовым – ельники, салатовым – березняки, темно-серым – осинники, коричнево-желтым – болота, желтым – луга.

ства в регионе они уничтожались в первую очередь (Носова и др., 2014).

После 1500 кал. л. н. кривая пыльцы культурных злаков в рассмотренных разрезах становится непрерывной, существенно увеличивается содержание пыльцы травянистых растений, в том числе подъем кривых мятликовых (*Poaceae*), маревых (*Chenopodiaceae*) и полыни (*Artemisia*). Появляются такие индикаторы нарушенных грунтов и поселений человека, как виды рр.: подорожник (*Plantago*), щавель (*Rumex*), спорыш (*Polygonum*), и крапива (*Urtica*). Следует отметить, что единичные пыльцевые зерна культурных злаков (*Cerealia*) и сорных (например, сложноцветные (*Asteraceae*)) видов отмечены на спорово-пыльцевых диаграммах ряда разрезов уже начиная с 2300–2600 кал. л. н., что позволяет предположить, что земли обрабатывались под посевы несколько раньше, в течение всего субатлантического периода.

По нашим данным, массовое сведение лесов на Валдае началось только в последние две тысячи лет – верхние горизонты торфяных разрезов характеризуются высоким содержанием пыльцы березы, сосны и трав. Участие пыльцы ели и широколиственных пород остается низким, а в отложениях, соответствующих последним 400–500 гг.,

доля этих таксонов еще уменьшается. Для этого же временного интервала выявлена максимальная концентрация пыльцы культивируемых растений, луговых трав и сорняков. Подобные изменения спорово-пыльцевых спектров свидетельствуют о том, что в течение последних столетий естественные растительные сообщества постепенно были уничтожены на больших территориях, и их место заняли вторичные леса и сельскохозяйственные угодья. В итоге анализ споро-пыльцевых диаграмм Валдая (Климанов и др., 2010; Tishkov et al., 2021) позволил уточнить их “характерное время” и вслед за авторами (Гуман, Хотинский, 1981; Александровский и др., 1991) – некоторые индикаторы агрогенной динамики лесов (табл. 1) для периода последних 2000 лет, когда их климатогенная динамика перестала доминировать.

Естественная и антропогенная наследуемая фрагментация лесов Валдая. Выявленные с помощью анализа космических снимков и первичной классификации спектральных изображений элементы растительного покрова национального парка “Валдайский” представлены на рис. 1а, 1б. Подтверждается наша гипотеза о том, что современные размеры элементов мозаики растительного покрова и степень его фрагментации определяется не только природными, но и антропогенными (постагрогенными) факторами (Белоновская и др., 2014). Сопоставление размерности контуров растительного покрова на сельскохозяйственных и лесотаксационных планах подтверждает это (Тишков, 1994).

Во-первых, *природные факторы мозаики* растительного покрова национального парка “Валдайский” связаны с: (1) региональным климатом, (2) распределением четвертичных отложений, (3) ледниковыми формами рельефа, (4) современной эрозийной деятельностью рек, (5) мозаикой почвенного покрова, (6) распределением растительности по градиентам среды и др. Большинство механизмов природной фрагментации лесов образуют контуры площадью в десятки и сотни га, за исключением таких ландшафтных элементов, как облесенные экотоны верховых болот и карстовые воронки, подтопленные участки вокруг бобровых плотин и пр.

На современной карте растительности парка (рис. 1а) природными факторами определяется существование вторичных еловых и сосновых лесов в северной и северо-восточной частях на песчаных и супесчаных флювиогляциальных отложениях. Леса и болотные массивы здесь занимают сотни и даже тысячи га каждый, описывая контуры геоморфологической, геохимической и почвенной мозаики. Однако на карте фрагментированности лесов парка (рис. 1б) “природные” элементы мозаики имеют четкую агрогенную “внутриконтурную” фрагментацию сходной размерности.

Таблица 1. Индикаторы проявлений агрогенной динамики лесов Валдая, отражаемых в споро-пыльцевой диаграмме позднего голоцена, и их характерное время (по: Tishkov et al., 2021, с уточнениями)

Форма антропогенной трансформации	Дигрессивно-демутационная динамика лесов	Индикаторы	“Характерное время” сукцессионных стадий и циклов
Сплошная рубка, выжигание, расчистка	Вторичная сукцессия, начало формирования антропогенных модификаций лесных сообществ – агрогенных, пирогенных, пасквальных	Рост доли пыльцы сосны обыкновенной (<i>Pinus sylvestris</i> L.), березы повислой (<i>Betula pendula</i>), ольхи серой (<i>Alnus incana</i> L.); сокращение доли пыльцы ели европейской (<i>Picea abies</i> L.), дуба черешчатого (<i>Quercus robur</i> L.) и других широколиственных пород,	Продолжительность: (1) замещения коренных пород (дуб, ель) на вырубках вторичными породами (сосна, береза, осина, ольха) – 30–50 лет; (2) полного цикла вторичной сукцессии – 80–120 лет; (3) начало плодоношения молодняка на залежах и лугах (выделение пыльцы): сосна – 20, ель – 20–30, береза – 15, дуб – 30, липа и клен – 20.
Режим пашни и перелого	Цикл перелого с восстановлением растительности до длительно-производной (луговой) стадии	Пыльца культивируемых растений – злаков рр. ржи (<i>Secale</i>), пшеницы (<i>Triticum</i>), ячменя (<i>Hordeum</i>), проса (<i>Panicum</i>), овса (<i>Avena</i>), овощей – рр. капусты (<i>Brassica</i> (редко доводились до образования пыльцы)), сорняков и луговых видов (из мятликовых (<i>Poaceae</i>), бобовых (<i>Fabaceae</i>), капустных (<i>Brassicaceae</i>), сложноцветных (<i>Asteraceae</i>) и др.)	За счет фронтального освоения территории под пашню (режим 7–15 лет) и параллельного существования перелого (до 20–30 лет) фиксируется сначала как “событие”, а потом как постоянно действующий фактор и элемент структуры растительного покрова
Режим после-лесного лугового сенокоса и выпаса (коров, лошадей)	“Управляемое” с помощью сенокосения, выпаса и палов существование послелесных лугов – кормовых угодий (обязательного элемента аграрного хозяйства)	Доминирование пыльцы луговых злаков и разнотравья – рр. овсяницы (<i>Festuca</i>), мятлика (<i>Poa</i>), спорыша (<i>Polygonum</i>), одуваника лекарственного (<i>Taraxacum officinale</i>), подорожника (<i>Plantago</i>), клевера (<i>Trifolium</i>), шавеля (<i>Rumex</i>); на сырых местах – малосъедобных и ядовитых растений рр. лабазника (<i>Filipendula</i>), осоки (<i>Carex</i>), лютика (<i>Ranunculus</i>), щучки (<i>Deschampsia</i>)	Сначала как элемент перелого, а в дальнейшем как постоянно действующий фактор и существенный элемент растительного покрова. Цикл демутации вторичного леса “по лугу” – 30–50 лет, коренного леса – 80–120 лет
Режим подкормового выпаса в лиственных лесах (коров, свиней) и заготовка веточно-листового корма для скота	Эвтрофирование леса, уничтожение подроста и подлеска, дигрессия первичных (дубрав) и вторичных (травяных березняков) лесов	Крапива (<i>Urtica</i> sp.sp.), рост доли пыльцы неподаемых и ядовитых растений – лютика, шавеля, щучки, вейника (<i>Calamagrostis</i>), орляка (<i>Pteridium</i>), исчезновение пыльцы лещины (<i>Corylus</i>) и других видов подлеска, образующих пыльцу	Постоянно действующий сезонный фактор, вызывающий “волны” плодоношения не только по климатическим причинам (засухи), но и благодаря эвтрофированию (больше плюсовых деревьев). Переложное использование возможно совпадало и с циклами плодоношения (15–20–30 лет)

Таблица 1. Окончание

Форма антропогенной трансформации	Дигрессивно-демутационная динамика лесов	Индикаторы	“Характерное время” сукцессионных стадий и циклов
Сельско-хозяйственные стоки с полей и пастбищ	Эвтрофирование прибрежной полосы озер и влажных западин, развитие полосы макрофитов и образование сплавины на мелководьях озер (феномен “второго” после раннего голоцена всплеска образования болот)	Рдест (<i>Potamogeton</i>), ряска (<i>Lemna</i>), тростник (<i>Phragmites</i>), камыш (<i>Scirpus</i>), водокрас (<i>Hydrocharis</i>), кубышка (<i>Nuphar</i>), хвощ (<i>Equisetum</i>), рогоз (<i>Typha</i>), сабельник (<i>Comarum</i>), осока, а из мохообразных – виды рр. каллиергон (<i>Calliergon</i>), сфагнум (<i>Sphagnum</i> (например, сфагнум тупой (<i>Sph. obtusum</i>)), дрепанокладус (<i>Drepanocladus</i> sp.sp.) и др.	Цикл нового заболачивания охватывает около 2000 лет с короткой – несколько сот лет – “эвтрофной” фазой. Эвтрофирование озер и обводненной каймы мелкоконтурного верхового болота – несколько сот лет, что находит отражение в споро-пыльцевой диаграмме
Выжигание леса, лесные и луговые палы, палы для лесной пастбы	Постпирогенные сукцессии, формирование пирогенных субклимаксов, например, сосняков – брусничных и белошников	Пыльца рр. бриевых (<i>Briales</i>) и печеночницы (<i>Hepatica</i>) – пиропитов – рр. политрихума (<i>Polypodium</i>), фунарии (<i>Funaria</i>), маршанции (<i>Marchantia</i>). Для лугов с частыми палами – виды рр. вейника, шавеля, хвоща (<i>Equisetum</i>).	Восстановление вторичного молодого леса на гари 30–50 лет, коренного леса – 100–120 лет. “Оборот огня”, не позволяющий восстанавливаться под пологом сосняка дубрав и ельников – 30–50 лет, для лугов – 5–10 лет.

Последствия антропогенной фрагментации лесов Валдая представлены на рис. 16. Выявляется центральная часть национального парка с высокой фрагментированностью, занятая в настоящее время молодыми березняками и зарастающими кустарниками лугами. На картах XVII–XIX вв. леса в этом районе отсутствовали (Тишков, 1994, 2014; Белоновская и др., 2014).

Выявляемый средний размер гомогенного выдела безлесных элементов ландшафта – водоемов, болот и лугов – составил 25,7, 2,8 и 2,5 га соответственно. Для современных контуров осино-березовых, сосновых и еловых лесов парка эти показатели – 0,8, 1,2, 2,3, и 2,7 га соответственно, что свидетельствует о генетической связи данных участков с забрасываемыми аграрными землями. Данный вывод подтверждается и тем, что на одном уровне по индексу фрагментированности находятся луга, а также еловые и сосновые леса, которые располагаются в границах древних контуров лесных расчисток и представляют собой начальные и конечные этапы залежной (постагрогенной) сукцессии (Тишков, 1979, 1994; Белоновская и др., 2014; Matuszkiewicz et al., 2014). Отметим, что на картах масштаба мельче М 1 : 10 000 такая мелкоконтурность не прослеживается.

Агрогенные факторы, по данным споро-пыльцевого анализа (Tishkov et al., 2021) и датировкам археологических памятников, начали действовать наиболее интенсивно на природный лесной

покров Валдая в I–II вв. н. э. (железный век). На этом рубеже в споро-пыльцевых диаграммах наметился резкий тренд снижения доли пыльцы ели европейской, дуба черешчатого, орешника (*Corylus avellana* L.) и рост участия в составе растительного покрова сосны обыкновенной, злаков, осок и зеленых мхов (в основном пиропитов, обильно продуцирующих споры, – рр. фунарии, бриума, политрихума). Можно предположить, что именно в этот период Валдай стал ареной расселения славянских и славяно-балтских (и прусских) народов, успешно осваивавших под пашню хвойно-широколиственные и широколиственные леса конечно-моренного ландшафта от Средней Вислы и Мазурских озер (на севере нынешней Польши) до Валдая и Мсты (Седов, 2000; Зайцев, 2009). К II–III вв. н.э. с благоприятными климатическими условиями (т.н. “Римскому” оптимуму) были приурочены эти переломные для лесной растительности Валдая события, когда за счет аграрного преобразования ландшафта начал формироваться лесо-поле-луговой агроландшафт с ведущей ролью сосновых лесов на старых пашнях с обедненными после использования почвами. Последнее отразилось и на системе местной топонимики – в ней преобладают названия, в основе которых слова “бор” и “гора”. Это сближает валдайскую топонимику с таковой в Псковской области и в районах Мазурских озер на севере Польши.

Вторым важным для современной динамики лесной растительности и характера ее антропогенной мозаики стал период аграрного освоения, сложившегося в процессе интенсивного подсечно-огневого земледелия новгородскими словенами в VIII–IX вв. агроландшафта. Они не только преемственно восприняли уже измененный лесной покров Валдая, но и совместно с исконно населявшими эти земли финно-угорскими народами существенно расширили границы его преобразования, внося в естественную мозаику конечно-моренного ландшафта значительную антропогенную составляющую. Причем именно славянам и славяно-балтам принадлежала роль *необратимого преобразования природного ландшафта*, роль конструкторов *лесо-поле-лугового древнерусского агроландшафта*, тогда как финно-угорскому населению отводилась роль ведения *адаптивного (очагового) хозяйства* в малоизмененном лесном ландшафте Валдая.

Антропогенная мозаика лесов окончательно сложилась в период VIII–XII вв., когда отмечались благоприятные климатические условия (“раннесредневековой оптимум”), более теплые и влажные относительно современных. Количество поселений этой эпохи превосходило даже количество современных поселений (Седов, 2000; Зайцев, 2009). В более поздние периоды, в XIV–XV вв. и в XVII–XIX вв., характер аграрного освоения отличался сравнительно высокой интенсивностью, что приводило к сокращению площади коренных лесов, замещению их вторичными, в основном сосновыми и березовыми лесами, а главное – к преобладанию в ландшафте безлесных земель. По нашим расчетам, в отдельные периоды лесистость Валдая составляла менее 40%. Это подтверждается архивными изысканиями (Цветков, 1957) и старыми картами. На карте Генерального плана Валдайского уезда 1788 г. – владений Иверского монастыря (Тишков, 1994) и на карте России 1853 г. леса вокруг озер Валдайское и Ужин отсутствуют (Зайцев, 2009).

В среднем трехпольный участок однолошадного крестьянина Валдая составлял около 7 га. Вместе с сенокосами и пашнями на одну семью могло приходиться более 12–15 га. Поля располагались возле поселения, а выпас и сенокосы – в нескольких километрах от поселения, которые из-за возникшего уже на этапе первичного расселения дефицита пригодных для аграрного производства земель не разрастались. Ресурсы природы Валдая способствовали дисперсному (хуторскому) типу расселения (Зайцев, 2009), что приводило к равномерному использованию ресурсов пространства леса и в целом переложной системе хозяйства, когда “оборот” земель соответствует периоду “созревания” леса для подсеки. Если представить период использования расчистки после пала до 6–7 лет, а средний возраст подсеки – в 50–

60 лет, то одновременно доля пашни на удобных для аграрного использования землях могла составлять 10–15% (в современных границах национального парка “Валдайский” это примерно 15–20 тыс. га). Также следует добавить наличие кормовых угодий для питания тягловых и мясных лошадей, коров и овец – всего не менее 5 тысяч лошадей (на каждую – 2–3 га пастбища и 2 га сенокоса) и столько же коров. Даже при том, что скот частично выпасался и под пологом леса (особенно в широколиственных и хвойно-широколиственных лесах) и шли обязательные заготовки веточных кормов, безлесные земли в период аграрного освоения Валдая (например, в X в.) должны были составлять здесь не менее 55–60 тыс. га (т.е. около 40%).

Максимум хозяйственного освоения территории Валдая (существенно больший по размаху, чем современный) был достигнут в древнерусский период (X–XV вв.), когда при подсечно-огневом земледелии сохранялась трехпольная система вокруг поселений. Обилие жальников (общинных кладбищ), городищ и поселений этого периода, выявленных археологами на Валдае, говорит о повсеместности хозяйственной деятельности в эту эпоху. Особое внимание обращает на себя плотность древних поселений по берегам озер Валдайское, Ужин, Велье, Боровно, рек Полометь, Валдайка, Щегринка и др. Эти территории были одними из самых густонаселенных в конце I тысячелетия н.э.

Одним из факторов, влияющим на состояние лесов, является плотность населения Валдая, о чем свидетельствует содержание Новгородской берестяной грамоты № 740 1140–1160-х гг., в которой идет речь о долге или налоге с Валдая в 15 кун (Тишков, 2014). Сама по себе высокая плата “налога” подразумевает наличие здесь в это время административного центра, обширных аграрных угодий и многих хозяйствующих субъектов.

Составление карты растительности и выявление ее актуальной мозаики. Для западного участка Валдайского лесничества по данным мультиспектральной съемки спутника Sentinel-2В (2017 г.) была построена карта современной растительности, в которую вошли и территории поселений, и аграрных земель в границах парка, но не принадлежащих ему (рис. 2). Это было важно для оценки современной динамики растительности в условиях прекращения хозяйственной деятельности в 1990 г.

На основании данной проекции (рис. 2) получены следующие значения площадей для каждой группы растительных сообществ и земель, а также оценена доля их площади от общей площади участка Валдайского лесничества национального парка (табл. 2).

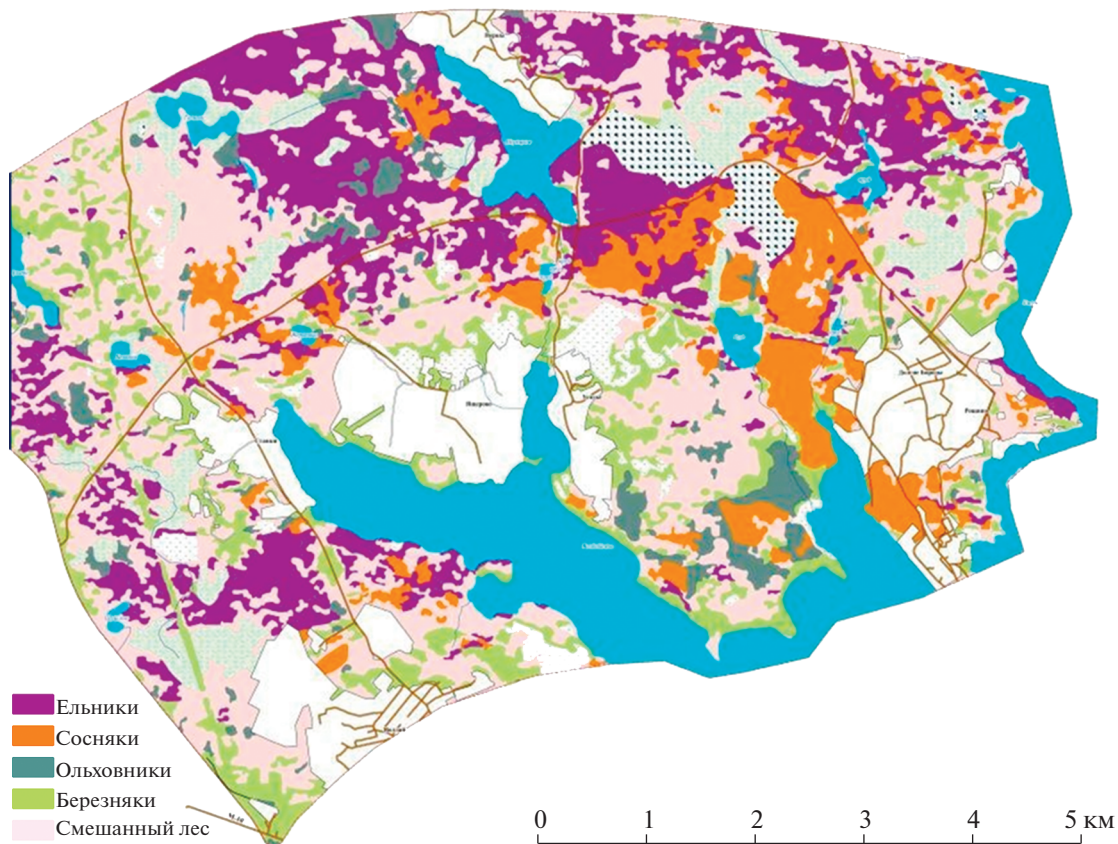


Рис. 2. Фрагмент карты растительного покрова участка Валдайского лесничества (голубой – водоемы (в основном – заливы оз. Валдайское), фиолетовый – еловые, оранжевый – сосновые, серый – сероольховые, салатовый – молодые березняки, бледно-розовый – смешанные елово-мелколиственные леса, белый – луга, точки – болота).

Современная динамика лесов Валдая. Выявляется как минимум 3 группы явлений современной динамики лесов. Во-первых, развитие *резерватогенных сукцессий*, проходящих в условиях запо-

ведности, полного прекращения аграрных и лесохозяйственных нагрузок и борьбы с лесными пожарами (например, формирование дубового подроста в молодых сосняках, замещение соснового древо-

Таблица 2. Площади выявленных на основании анализа космических снимков Sentinel-2В растительных сообществ участка Валдайского лесничества

№	Элементы растительного покрова по данным съемки спутника Sentinel-2В	Площадь, м ²	%
1	Ельники	9275574	16
2	Сосняки	4107247	7
3	Сероольшаники	2128999	4
4	Березняки (молодняк)	5540075	10
5	Елово-мелколиственные леса	15481774	28
6	Селитебные земли, дороги, ЛЭП и другие линейные сооружения (суммарно)	6662228	12
7	Водоемы	7969907	14
8	Суходольные луга	1420627	3
9	Сырые луга и травяные (низинные) болота	2828922	5
10	Верховые и переходные болота	821512	1
11	Всего	56236865	100

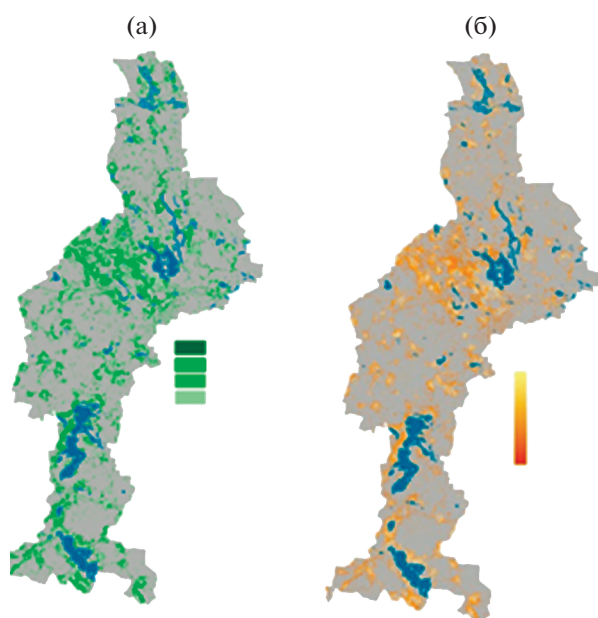


Рис. 3. Оценка интенсивности облесения водораздельных лугов национального парка “Валдайский” по измерению с помощью дистанционных методов запасов надземной фитомассы ((а) 4-е градации шкалы: от 25 т/га луга до 100 т/га молодой березняк) и интенсивности транспирации ((б) максимум – у молодой березняка, средние показатели – луга с зарослями кустарников, низкие – луга без древесной растительности).

стоя еловым на зандрах и двучленах и т.д.). Во-вторых, широкое развитие *демутационных* (*постагрогенных, постпирогенных, после сплошных рубок и пр.*) процессов, которые представлены сейчас на разных стадиях, в т. ч. предклимаксных. “Плужный след” и следы многочисленных пожаров в разновозрастных лесах парка показывают, что они широко охвачены вторичной сукцессией, в некоторых случаях еще ее длительно-производными стадиями (березняков, осинников, сероольшаников, сосняков и пр.). В-третьих, на залежах и на водораздельных послелесных лугах в границах парка происходит *постепенное облесение – формирование загущенных насаждений березы – жердяка или редких насаждений сосны*. Эти процессы также можно отнести к демутации, но часто они носят *дигрессивно-демутационный характер*. Нами с помощью оригинальной методики анализа дистанционной информации (многолетних изменений запасов надземной фитомассы и параметров транспирации растительности) проведены измерения интенсивности облесения водораздельных лугов (рис. 3), которая с 1990 г. в целом в границах парка составила около 10–15% площади суходольных лугов.

Разнообразие синтаксонов фрагментированного лесного покрова Валдая. В нашей с профессором

Я. Матушкевичем статье (Matuszkiewicz et al., 2014) показана близость синтаксономического разнообразия лесов Северной Польши и Валдая (в границах Новгородской области). В значительной степени она определяется сходством и возрастом аграрного освоения хвойно-широколиственных восточно-европейских лесов, сформировавшихся на конечно-моренных ландшафтах, образовавшихся после последнего оледенения. На Валдае представлены следующие классы лесных синтаксонов: бореальные хвойные леса Евразии – *Vaccinio-Piceetea*, неморальные леса Европы – *Quercio-Fagetea*, заболоченные леса *Alnetea glutinosa* (табл. 3).

Как было показано ранее, многовековое аграрное использование лесов Валдая привело к формированию здесь исключительного синтаксономического разнообразия луговой (Белоновская и др., 2014, 2016, 2019а, б) и лесной (Коротков, 1991; Морозова, 2016) растительности. Класс *Vaccinio-Piceetea* в наше время представлен здесь двумя широко распространенными ассоциациями: асс. *Monotropo hypopitys-Pinetum sylvestris* союза *Dicrano-Pinion* и асс. *Maianthemo bifolii-Piceetum abietis* союза *Vaccinio-Piceion*. Они занимают доминирующие позиции в холмистом конечно-моренном ландшафте, на зандровых и флювиогляциальных равнинных участках, на ранее доступных для распашки песчаных и супесчаных почвах и, как показывает повсеместное распространение здесь “плужного слоя”, прошедших длительный период использования под пашню. Аналогичным образом в союзе *Quercio-Fagetea* в сфере аграрного освоения оказались практически все контуры лесной растительности на богатых карбонатных почвах, в т.ч. дубравы – на “звонцах” асс. *Trollio-Quercetum*, ельники травяные – на слабоподзоленных суглинках и супесях асс. *Rhodobryo-Piceetum*, и в меньшей степени травяные сероольшаники асс. *Urtico-Alnetum*, которые вовлекались в сельскохозяйственное использование при приозерном расселении и создании огородов на берегах озер. Конечно, сукцессионный статус, фитоценотическое разнообразие и ботанико-географические особенности местных сероольшаников, распространенных в различных местообитаниях и расширяющих свои позиции в связи с феноменом зарастания залежей, требуют уточнения.

Близкая картина синтаксономического разнообразия постагрогенной лесной растительности на эродированных склонах и равнинах отмечается и в других регионах конечно-моренных образований – “поозерьях”: на севере Германии, на Мазурских озерах в Польше ((Matuszkiewicz et al., 2014), Латвии, Литве, Белоруссии, Псковской, Ленинградской и Тверской областях.

Таблица 3. Основные таксоны флористической классификации лесов национального парка “Валдайский” и их соотнесение с типами лесов по доминантной и лесохозяйственной классификации

Основные синтаксоны флористической классификации лесов национального парка “Валдайский” (Коротков, 1990 с добавлениями и уточнениями)					Сообщества доминантной классификации	Лесохозяйственные типы леса
класс	порядок	союз	подсоюз	ассоциация		
<i>Vaccinio-Piceetea</i>	<i>Cladonio-Vaccinietalia</i>	<i>Dicrano-Pinion</i>		<i>Monotropo-Pinetum</i>	Сосняки кустарничково-зеленомошные	Сосняк (с елью) чернично-брусничный, вересково-лишайниковый или чернично-ландышевый на дренированных песках
	<i>Vaccinio-Piceetalia</i>	<i>Vaccinio-Piceion</i>	<i>Sphagno-Piceenion</i>	<i>Carici-canescens-Betuletum</i>	Березняки (с елью) долгомошно-сфагновые	Березняк (с елью) осоково-сфагновый на низинных торфах
			<i>Eu-Piceenion</i>	<i>Maianthemo-Piceetum</i>	Ельники кустарничково-зеленомошные	а) Ельник с сосной зеленомошный на дренированных супесях, ельник майниково-зеленомошный на дренированных супесях и суглинках; б) березняк (с елью) чернично-брусничный на дренированных супесях и суглинках
<i>Quercus-Fagetea</i>	<i>Fagetalia sylvatica</i>	<i>Alno-Padion</i>	<i>Alnenion glutinoso-incanae</i>	<i>Urtico-Alnetum</i>	Сероольшаники травяные	Сероольшаник высокотравный или травяной на слабо дренированных суглинках, березняк травяно-дубравный на дренированных суглинках
			<i>Carpinion betuli</i>		<i>Rhodobryo-Piceetum</i>	Ельники мелко-травно-зеленомошные
				<i>Trollio-Quercetum</i>	Дубняки на “звонцовых” глинах	Широколиственные леса на “звонцовых” глинах
	<i>Quercetalia robori-petraeae</i>	<i>Luzulo-Fagion</i>		<i>Rubus saxatilis-Populetum</i>	Осинникитравяные	Осинник травяной на слабо дренированных супесях
<i>Alnetea glutinosae</i>	<i>Alnetalia glutinosae</i>	<i>Alnion glutinosae</i>		<i>Climacio-Piceetum</i>	Березняки болотно-травяные	Ельник черноольшаник или березняк таволгово-вейниковый на низинных торфах или травяной на сырых перегнойных почвах
<i>Vaccinietea uliginosi</i>	<i>Vaccinietalia uliginosi</i>	<i>Pino-Ledetum</i>		<i>Chamaedaphno-Ledetum</i>	Сосняки долгомошно-сфагновые или кустарничково-сфагновые	Сосняк багульниковый на верховых торфах

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Фрагментация лесов национального парка “Валдайский”, как и всей Валдайской возвышенности, и современная структура ее растительного покрова развивались около 2000 лет. Сформировался уникальный лесо-луго-полевой ландшафт — емкий в отношении биологического и ценоtiche-

ского (синтаксономического) разнообразия. Выявляемые особенности природной и антропогенной мозаики лесов позволяют более обоснованно регулировать хозяйственную, в т.ч. и рекреационную деятельность в границах парка, и не допускать снижения биоразнообразия из-за потерь вторичных по генезису, но важных для природоохран-ных целей растительных сообществ. Современные

процессы зарастания лесом залежей, сенокосов и пастбищ меняют пространственную структуру растительного покрова, где лесистость уже достигает 80%. Из-за этих процессов снижаются рекреационные качества исторически сложившегося на Валдае древнерусского лесо-луго-полевого ландшафта озерного края, который был и остается привлекательным для туристов и ценным объектом сохранения природно-культурного наследия.

По результатам исследований можно сделать следующие выводы:

1. Агрогенная трансформация лесов территории национального парка “Валдайский”, согласно материалам споро-пыльцевого анализа (Климанов и др., 2010; Носова и др., 2014; Tishkov et al., 2021), проявляется уже с 2300–2600 кал. л. н., а после 1800–1500 кал. л. н., судя по доминированию пыльцы вторичных лесов и непрерывному присутствию в диаграммах пыльцы трав и культурных растений, климатогенная динамика перестает доминировать, а агрогенная динамика становится повсеместной и местами необратимой.

2. Выявляемые индикаторы агрогенной трансформации лесной растительности в спорово-пыльцевых спектрах (табл. 1) касаются не только соотношения сумм древесной пыльцы и пыльцы трав, отражающего пропорцию площадей элементов лесо-луго-полевого ландшафта, прежде всего – водораздельных лугов, но и изменений доли пыльцы разных групп древесных пород, индицирующих сведение зональных лесов – дубрав и ельников – и их замещение вторичными лесами – березняками, сосняками, сероольшаниками.

3. Устойчивое (в некоторых случаях “волнообразное”) появление в спектрах спор и пыльцы пиропитных растений: зеленых мхов, орляка соснякового (*Pteridium pinetorum*), иван-чая (*Onagraceae*) и др. – свидетельствует о подсечно-огневом типе землепользования и сложившейся ритмике вовлечения в него лесов.

4. Все прочие индикаторы агрогенной трансформации лесов в прошлом (присутствие пыльцы культивируемых растений, сорняков, луговых трав и видов растений, свойственных разным стадиям пасквальной дигрессии) не могут рассматриваться по-отдельности, а лишь в совокупности с анализом изменений растительности и “характерного времени” проявления их форм.

5. В дополнение к ранее высказанным предположениям о наследовании “полевой” структуры ландшафта (Тишков, 1994; Белоновская и др., 2014) в современном лесном покрове Валдая доказана антропогенная природа размерности его современных контуров и индекса их фрагментированности. Оригинальные методы анализа космической информации позволили выявить размерность современных контуров лесной растительности. Средняя площадь условно гомогенного

контура составила около 1.9 га (от 0.8–1.2 га для осинников и березняков до 2.3–2.7 га для сосновых и еловых лесов), что совпадает со средними размерами аграрных контуров, выявляемых при оценке структуры агроландшафта вокруг поселений до начала функционирования национального парка “Валдайский”. Индекс фрагментированности растительности Валдая в границах контуров современного покрова (сосновых, еловых, осиновых и березовых лесов и лугов) составил 0.18–0.24, что показывает не только единство их аграрного генезиса (на месте лесных расчисток и пашни), но и многовековое существование этих мелких участков в цикле аграрного использования.

6. Синтаксономический анализ лесной растительности позволил определить исходное соотношение, разнообразие синтаксонов леса и место актуальной пространственной структуры лесов Валдая, в т. ч. в условиях повсеместного развития демулационных процессов.

7. Элементы ландшафта, определяемые природными факторами (геологическими, палеогеографическими, геоморфологическими и геохимическими), площади которых колеблются в пределах сотен и тысяч га, до хозяйственного освоения занимались однородными в синтаксономическом отношении лесами, т.е., например, массивы коренных дубрав и, возможно, елово-широколиственных лесов до появления оседлых земледельцев на Валдае занимали полностью однородные элементы мезорельефа и контура четвертичных отложений.

8. В современной динамике лесов территории парка выявляются 3 группы явлений: (1) развитие резерватогенных сукцессий, проходящих в условиях заповедности, полного прекращения аграрных и лесохозяйственных нагрузок и борьбы с лесными пожарами, (2) широкое развитие демулационных (постагрогенных, постпирогенных, после сплошных рубок и осушения болот процессов, которые представлены сейчас на разных стадиях, в т.ч. предклимаксных), (3) постепенное облесение залежей и суходольных лугов, которое носит часто дигрессивно-демулационный характер.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Авдеев А.Н. В лесах Новгородчины. Краткий очерк истории развития лесных отношений и науки о лесе на Новгородской земле. Старая Русса, 1998. 176 с.
- Александровский А.Л., Анненков В.В., Глушко В.В., Истомина Э.Г., Николаев В.И., Постников А.В., Хотинский Н.А. Антропогенные индикаторы пыльцевых спектров голоценовых отложений // Источники и методы исторических реконструкций изменений окружающей среды. М., 1991. Т. 8. С. 7–18.
- Базилевич Н.И., Гребенщиков О.С., Тишков А.А. Географические закономерности структуры и функционирования экосистем. М.: Наука, 1986. 297 с.

- Белоновская Е.А., Кренке-мл. А.Н., Тишков А.А., Царевская Н.Г.* Природная и антропогенная фрагментация растительного покрова Валдайского поозерья // Изв. РАН. Сер. геогр. 2014. № 5. С. 67–82.
- Белоновская Е.А., Тишков А.А., Царевская Н.Г.* Луга в системе сохранения традиционного агроландшафта национального парка Валдайский (Новгородская область) // Проблемы региональной экологии. 2016. № 4. С. 112–122.
- Белоновская Е.А., Виноградова В.В., Пономарев М.А., Тишков А.А., Царевская Н.Г.* Оценка рекреационного потенциала национального парка “Валдайский” // Известия РАН. Сер. геогр. М.: Наука, 2019а. № 4. С. 97–111.
- Белоновская Е.А., Тишков А.А., Царевская Н.Г.* Разнообразие лугов национального парка “Валдайский” // Сборник научных трудов Государственного Никитского ботанического сада. 2019б. № 149. С. 30–40.
- Глазов М.В.* Роль животных в экосистемах еловых лесов. М.: ИГРАН, 2004. 239 с.
- Гоби Х.Я.* О влиянии Валдайской возвышенности на географическое распространение растений в связи с очерком флоры западной части Новгородской губернии: Дис. на степ. магистра ботаники. Санкт-Петербург: тип. В. Демакова, 1876. 168 с.
- Гуман М.А., Хотинский Н.А.* Антропогенные изменения растительности центра Русской равнины в голоцене (по палинологическим данным) // Антропогенные факторы в истории развития современных экосистем. М.: Наука, 1981. С. 7–19.
- Зайцев В.М.* Культурное наследие Валдая. Валдай, НПВ. 2009. 108 с.
- Климанов В.А., Кожаринов А.В., Тишков А.А.* Палеогеоэкологические реконструкции динамики растительности и климата Валдайского поозерья в позднеледниковье в голоцене // Тр. национального парка “Валдайский”: Вып. 1. СПб, 2010. С. 254–261.
- Козлов Д.Н., Пузаченко М.Ю., Федяева М.В., Пузаченко Ю.Г.* Отображение пространственного варьирования свойств ландшафтного покрова на основе дистанционной информации и цифровой модели рельефа // Изв. РАН. Сер. геогр. 2008. № 4. С. 112–124.
- Комаров В.Л.* Дополнение к списку растений западных уездов Новгородской губернии. Санкт-Петербург: тип. В. Демакова, 1896. 15 с.
- Кренке А.Н., Пузаченко Ю.Г.* Построение карты ландшафтного покрова на основе дистанционной информации // Экологическое планирование и управление. 2008. № 2. С. 10–25.
- Коротков К.О.* Леса Валдая. М.: Наука, 1991. 160 с.
- Моисеев Б.Н.* Динамика продуктивности лесных биогеоценозов Валдая // Вопр. охраны и рац. использ. раст. мира. 1988. С. 64–70.
- Моисеев Б.Н.* Исследования лесов Валдая как научная основа создания национального природного парка. 2005. <http://biodat.ru/doc/lib/moiseev2.htm>. Дата обращения 12.03.2022 г.
- Молчанов А.А.* Влияние леса на окружающую среду. М., 1973. 353 с.
- Морозова О.В., Белоновская Е.А., Царевская Н.Г.* Сосудистые растения национального парка Валдайский. Флора и фауна национальных парков (Аннотированный список видов). Вып. 7. М.: Изд. Комиссии РАН по сохранению биологического разнообразия ИПЭЭ РАН М. 2010. 95 с.
- Морозова О.В.* Леса широколиственно-хвойной зоны Европейской России (синтаксономический обзор) // Сборник научных трудов государственного никитского ботанического сада. 2016. Т. 143. С. 118–125.
- Носова М.Б., Новенко Е.Ю., Зерницкая В.П., Дюжова К.В.* Палинологическая индикация антропогенных изменений растительности восточно-европейских хвойно-широколиственных лесов в позднем голоцене // Изв. РАН. Сер. геогр. 2014. № 4. С. 35–43.
- Организация экосистем ельников южной тайги / Под ред. Базилевич Н.И., Исакова Ю.А. М.: Ин-т географии АН СССР, 1979. 220 с.
- Седов В.В.* Ранний этап славянского расселения в лесной зоне Восточной Европы // Археология и история Пскова и Псковской земли. Псков, 2000. С. 183–190.
- Структура и функционирование экосистем южной тайги Валдая. М.: ИГАН, 1986. 293 с.
- Тишков А.А.* Естественная и антропогенная динамика еловых лесов Валдая // Организация экосистем ельников южной тайги. М.: Ин-т географии АН СССР, 1979. С. 30–69.
- Тишков А.А.* Продуктивность экосистем болот экспериментального бассейна “Таежный лог” (Новгородская обл., Валдай) // Структура и функционирование экосистем южной тайги. М.: Ин-т географии АН СССР, 1986. С. 177–201.
- Тишков А.А.* Оптимизация агроландшафта Валдая. Структура сельскохозяйственных угодий // Изв. РАН. Сер. геогр. 1994. № 3. С. 74–84.
- Тишков А.А.* К истории биогеографических и экологических исследований Института географии РАН на территории национального парка “Валдайский” // Тр. национального парка “Валдайский”. Вып. 1. СПб, 2010. С. 151–161.
- Тишков А.А.* Ландшафтная основа происхождения названия “Валдай” // Изв. РАН. Сер. геогр. 2014. № 1. С. 109–119.
- Тишков А.А.* Как и какое сохранять биоразнообразие лесов Европейской России? Реплика сторонника актуальной биогеографии // Лесоведение. 2015. № 5. С. 379–387.
- Тишков А.А., Белоновская Е.А., Морозова О.В., Царевская Н.Г.* К истории геоботанических исследований в Институте географии РАН // Отечественная геоботаника: основные вехи и перспективы: Мат-лы Всерос. конф. (Санкт-Петербург, 20–24 сентября 2011 г.). Том 1: Разнообразие типов растительных сообществ и вопросы их охраны. География и картография растительности. История и перспективы геоботанических исследований. СПб, 2011. С. 453–455.
- Федоров С.Ф.* Исследование элементов водного баланса в лесной зоне Европейской территории СССР. Л.: Гидрометеиздат, 1977. 264 с.
- Чибилев А.А., Тишков А.А.* Столетие Постоянной природоохранительной комиссии ИРГО. М.: Русское географическое общество, 2012. 94 с.
- Чибилев А.А., Тишков А.А.* История заповедной системы России. М.: Постоянная природоохранительная комиссия РГО, 2018. 218 с.

Цветков М.А. Изменение лесистости Европейской России с конца XVII столетия по 1914 год. М.: АН СССР, 1957. 213 с.

Экология и продуктивность лесов Нечерноземья (на примере Валдая) / Под ред. М.А. Глазовской. М.: МГУ, 1980. 142 с.

Matuszkiewicz J.M., Bielonska E., Kowalska A., Carievska N., Baranowski J., Winogradova V., Tishkov A., Litvinova E. Bi-
ałowieża Forest (NE-Poland) and Valdaj (NW-Russia) —

biogeographical characteristics of eutrophic deciduous forests // *Quaestiones Geographicae*. 2014. V. 33. № 3. P. 111–123.

Tishkov A.A., Tsarevskaya N.G., Novenko E.Yu., Belonovskaya E.A. Diagnostics of the beginning of agricultural development of the northwest of the East European plain by spore–pollen spectra // *Doklady Earth Sciences*. 2021. V. 499. № 2. P. 686–692.

Fragmentation and Diversity of the “Valdaisky” National Park Forests

Ye. A. Belonovskaya^{1, *}, A. N. Krenke¹, A. A. Tishkov¹, N. G. Tsarevskaya¹, and I. G. Khmelshchikova²

¹*Institute of Geography of the RAS, Staromonetny ln. 29, Moscow 119017, Russia*

²*“Valdaisky” National Park, Pobedy st. 5, Valdaj, Novgorodsky region, 175400 Russia*

*E-mail: belena@igras.ru

The article discusses the current mosaic, syntaxonomic diversity and their forming elements in the modern dynamics of the forests of the Valdaisky National Park. With the help of the remote methods of the forest cover monitoring, a complex assessment was carried out, covering the degree of its inherited natural and anthropogenic fragmentation, the ratio of areas occupied by different forest communities, and the intensity of meadow afforestation after 1990 (the year when the national park was created). Based on high-resolution Sentinel-2B (2017) space images (10–60 m), a fragment of the Valdai forestry unit’s map was created, recording their current state, natural and anthropogenic mosaicity and successional trends. To assess the diversity of forest communities, the main syntaxa of the floristic classification of the park’s vegetation and the forests themselves were identified, and their correlation with the dominant classification and forestry typology units was clarified. A brief retrospective analysis of the region’s agrarian development and its consequences for the structure and dynamics of the park’s forests was given. The conclusion was made about the development of the conservation-driven successions (afforestation of meadows) in recent decades and the strengthening of the recreational digression of forests in the coastal zone of lakes Velye, Valdaiskoye, Uzhin, etc. It was also noted that the park’s old-Russian forest-field-meadow landscape that has been forming for centuries on the Valdaj upland, the one characterised by high biological and landscape diversity, is currently deteriorating. Identifying the regularities in the natural and anthropogenic landscape mosaic should make it possible to regulate the permitted economic activities on the park lands, including recreational, in a more rational manner, and prevent a decrease in the initial biodiversity.

Keywords: structure, diversity and dynamics of forests, “Valdaisky” national park, natural and anthropogenic fragmentation, successions, digressive-demutational processes, remote methods, syntax of the forest vegetation.

Acknowledgements: The paper has been prepared within the framework of the State contract FMGE-2019-0007 (AAAA-A19-119021990093-8).

REFERENCES

Aleksandrovskii A.L., Annenkov V.V., Glushko V.V., Istomina E.G., Nikolaev V.I., Postnikov A.V., Khotinskii N.A., Antropogennye indikatory pyl'tsevykh spektrov golotse-novykh otlozhenii (Anthropogenic indicators of pollen spectra of Holocene deposits), In: *Istochniki i metody istoricheskikh rekonstruktsii izmenenii okruzhayushchei sredy* (Sources and methods of historical reconstructions of environmental changes), Moscow, 1991, Vol. 8, pp. 7–18.

Avdeev A.N., *V lesakh Novgorodchiny. Kratkii ocherk istorii razvitiya lesnykh otoshenii i nauki o lese na Novgorodskoi zemle* (In the forests of the Novgorod region. A brief outline of the history of the development of forest relations and forest science on Novgorod land), Staraya Russa, 1998, 176 p.

Bazilevich N.I., Grebenshchikov O.S., Tishkov A.A., *Geograficheskie zakonomernosti struktury i funktsionirovaniya ekosistem* (Geographic patterns of ecosystems' structure and functioning), Moscow: Nauka, 1986, 296 p.

Belonovskaya E.A., Krenke-Ml. A.N., Tishkov A.A., Tsarevskaya N.G., Prirodnaya i antropogennaya fragmentatsiya rastitel'nogo pokrova Valdaiskogo poozer'ya (Natural and anthropogenic fragmentation of vegetation of Valdaj lake area), *Izv. RAN. Ser. geogr*, 2014, No. 5, pp. 67–82.

Belonovskaya E.A., Tishkov A.A., Tsarevskaya N.G., Luga v sisteme sokhraneniya traditsionnogo agrolandshafta natsional'nogo parka Valdaiskii (Novgorodskaya oblast') (Meadows in the system of conservation of traditional agricultural landscape of the Valdai National Park (the Novgorod region)), *Problemy regional'noi ekologii*, 2016, No. 4, pp. 112–122.

Belonovskaya E.A., Tishkov A.A., Tsarevskaya N.G., Raznoobrazie lugov natsional'nogo parka “Valdaiskii” (Meadow diversity of the Valdaisky National Park), *Sbornik nauchnykh trudov Gosudarstvennogo Nikitskogo botanicheskogo sada*, 2019b, No. 149, pp. 30–40.

Belonovskaya E.A., Vinogradova V.V., Ponomarev M.A., Tishkov A.A., Tsarevskaya N.G., Otsenka rekreatsionnogo

- potentsiala natsional'nogo parka "Valdaiskii" (Evaluating the recreation potential of the National Park "Valdaiskiy" (Novgorodskaya oblast, Russia)), *Izvestiya RAN. Ser. geograf.*, 2019a, No. 4, pp. 97–111.
- Chibilev A.A., Tishkov A.A., *Istoriya zapovednoi sistemy Rossii* (The history of the natural reserve system of Russia), Moscow: Postoyannaya prirodokhranitel'naya komissiya RGO, 2018, 218 p.
- Chibilev A.A., Tishkov A.A., *Stoletie Postoyannoi prirodokhranitel'noi komissii IRGO* (Centenary of the Permanent Environmental Commission of the IRGS), Moscow: Russkoe geograficheskoe obshchestvo, 2012, 94 p.
- Ekologiya i produktivnost' lesov Nechernozem'ya (na primere Valdaya)*, (Ecology and productivity of the forests of the Nonblack Soil Zone (case study of Valdai)), Moscow: MGU, 1980, 142 p.
- Fedorov S.F., *Issledovanie elementov vodnogo balansa v lesnoi zone Evropeiskoi territorii SSSR* (Study of the elements of the water balance in the forest zone of the European territory of the USSR), Leningrad: Gidrometeoizdat, 1977, 264 p.
- Glazov M.V., *Rol' zhivotnykh v ekosistemakh elovykh lesov* (The role of animals in spruce forest ecosystems), Moscow: IGRAN, 2004, 239 p.
- Gobi K.Y., *O vliyaniy Valdaiskoi vozvysheynosti na geograficheskoe rasprostranenie rastenii v svyazi s ocherkom flory zapadnoi chasti Novgorodskoi gubernii: Diss. na step. magistra botaniki* (On the influence of the Valdai Upland on the geographical distribution of plants in connection with an outline of the flora of the western part of the Novgorod province. Master's of Botany Thesis), Saint Petersburg: tip. V. Demakova, 1876, 168 p.
- Guman M.A., Khotinskii N.A., Antropogennyye izmeneniya rastitel'nosti tsentra Russkoi ravniny v golotsene (po palinologicheskim dannym) (Anthropogenic changes in the vegetation of the center of the Russian Plain in the Holocene (according to palynological data)), In: *Antropogennyye faktory v istorii razvitiya sovremennykh ekosistem* (Anthropogenic factors in the history of the development of modern ecosystems), Moscow: Nauka, 1981, pp. 7–19.
- Klimanov V.A., Kozharinov A.V., Tishkov A.A., Paleogeologicheskie rekonstruktsii dinamiki rastitel'nosti i klimata Valdaiskogo poozer'ya v pozднеlednikov'e v golotsene (Paleogeocological reconstructions of vegetation and climate dynamics in the Valdai Lake District in the Late Glacial in the Holocene), *Tr. natsional'nogo parka "Valdaiskii"*, 2010, Vol. 1, pp. 254–261.
- Komarov V.L., *Dopolnenie k spisku rastenii zapadnykh uezdov Novgorodskoi gubernii* (Addition to the list of plants of the western districts of the Novgorod province), Saint Petersburg: tip. V. Demakova, 1896, 15 p.
- Korotkov K.O., *Lesy Valdaya* (Forests of the Valdai), Moscow: Nauka, 1991, 160 p.
- Kozlov D.N., Puzachenko M.Y., Fedyaeva M.V., Puzachenko Y.G., Otobrazhenie prostranstvennogo var'irovaniya svoystv landshaftnogo pokrova na osnove distantsionnoi informatsii i tsifrovoi modeli rel'efa (Representation of spatial variations of the landscape cover features based on remote-sensing data and digital elevation model), *Izvestiya Rossiiskoi akademii nauk. Seriya geograficheskaya*, 2008, No. 4, pp. 112–124.
- Krenke A.N., Puzachenko Y.G., Postroenie karty landshaftnogo pokrova na osnove distantsionnoi informatsii (Landscape cover mapping based on remote data), *Ekologicheskoe planirovanie i upravlenie*, 2008, No. 2, pp. 10–25.
- Matuszkiewicz J.M., Belonovska E., Kowalska A., Carievska N., Baranovski J., Winogradova V., Tishkov A., Litvinova E., Białowieża Forest (NE-Poland) and Valdai (NW-Russia) – biogeographical characteristics of eutrophic deciduous forests, *Quaestiones Geographicae*, 2014, Vol. 33, No. 3, pp. 111–123.
- Moiseev B.N., Studies of the Valdai forests as a scientific basis for the creation of a national nature park. 2005 available at: <http://biodat.ru/doc/lib/moiseev2.htm>. (March 12, 2022)
- Moiseev B.N., Dinamika produktivnosti lesnykh biogeotsenozov Valdaya (Dynamics of productivity of Valdai forest biogeocenoses), In: *Vopr. okhrany i rats. ispol'z. rast. mira* (Issues of protection and rational use of the plant world), 1988, pp. 64–70.
- Molchanov A.A., *Vliyanie lesa na okruzhayushchuyu sredu* (The impact of the forest on the environment), Moscow: 1973, 353 p.
- Morozova O.V., Belonovskaya E.A., Tsarevskaya N.G., *Sosudistyye rastenii natsional'nogo parka Valdaiskii. Flora i fauna natsional'nykh parkov (Annotirovannyi spisok vidov)* (The vascular plants of Valdai national park. Flora and fauna of national parks (Annotated list of species)), Moscow: Izd. Komissii RAN po sokhraneniyyu biologicheskogo raznoobraziya IPEE RAN, 2010, Issue 7, 95 p.
- Morozova O.V., Lesy shirokolistvenno-khvoynoi zony Evropeiskoi Rossii (sintaksonomicheskii obzor) (Forests of deciduous-coniferous zone of European Russia (syntaxonomical review)), *Sbornik nauchnykh trudov gosudarstvennogo nikit'skogo botanicheskogo sada*, 2016, Vol. 143, pp. 118–125.
- Nosova M.B., Novenko E.Y., Zernitskaya V.P., Dyuzhova K.V., Palinologicheskaya indikatsiya antropogennykh izmenenii rastitel'nosti vostochno-evropeiskikh khvoynoshirokolistvennykh lesov v pozднеm golotsene (Palynological indication of anthropogenic plant cover changes in the Eastern-European coniferous-broadleaf forests in the late Holocene), *Izv. RAN. Ser. geogr.*, 2014, No. 4, pp. 35–43.
- Organizatsiya ekosistem el'nikov yuzhnoi taigi* (Organization of ecosystems of southern taiga spruce forests), Moscow: In-t geografii AN SSSR, 1979, 220 p.
- Sedov V.V., Rannii etap slavyanskogo rasseleniya v lesnoi zone Vostochnoi Evropy (Early stage of Slavic settlement in the forest zone of Eastern Europe), In: *Arkheologiya i istoriya Pskova i Pskovskoi zemli* (Archeology and history of Pskov and the Pskov land), Pskov, 2000, pp. 183–190.
- Struktura i funktsionirovanie ekosistem yuzhnoi taigi Valdaya*, (Structure and functioning of the ecosystems of the southern taiga of Valdai), Moscow: IGAN, 1986, 293 p.
- Tishkov A.A., Belonovskaya E.A., Morozova O.V., Tsarevskaya N.G., K istorii geobotanicheskikh issledovaniy v Institute geografii RAN (On the history of geobotanical research at the Institute of Geography of the Russian Academy of Sciences), *Otechestvennaya geobotanika: osnovnyye vekhi i perspektivy* (National geobotany: main milestones and prospects), Saint Petersburg, Proc. of All-Russian Conf., September 20–24, 2011, Saint Petersburg, 2011, Vol. 1: Raznoobrazie tipov rastitel'nykh soobshchestv i voprosy ikh okhrany. Geografiya i kartografiya rastitel'nosti. Istoriya i perspektivy geobotanicheskikh issledovaniy (Diversity of types of plant communities and issues of their

protection. Geography and cartography of vegetation. History and prospects of geobotanical research), pp. 453–455.

Tishkov A.A., Estestvennaya i antropogennaya dinamika elovykh lesov Valdai (Natural and anthropogenic dynamics of spruce forests of Valdai), In: *Organizatsiya ekosistem el'nikov yuzhnoi taigi* (Organization of ecosystems of spruce forests of the southern taiga), Moscow: In-t geografii AN SSSR, 1979, pp. 30–69.

Tishkov A.A., K istorii biogeograficheskikh i ekologicheskikh issledovaniy Instituta geografii RAN na territorii natsional'nogo parka "Valdaiskii" (On the history of biogeographic and ecological research of the Institute of Geography of the Russian Academy of Sciences on the territory of the Valdaisky National Park), *Tr. natsional'nogo parka "Valdaiskii"*, 2010, Issue 1, pp. 151–161.

Tishkov A.A., Kak i kakoe sokhranyat' bioraznoobrazie lesov Evropeiskoi Rossii? Replika storonnika aktual'noi biogeografii (How to conserve the biodiversity and which forest biodiversity should be preserved in the European part of Russia? A speech of the follower of the actual biogeography), *Lesovedenie*, 2015, No. 5, pp. 379–387.

Tishkov A.A., Landshaftnaya osnova proiskhozhdeniya nazvaniya "Valdai" (Landscape framework of the origin of

the Valdai toponym), *Izv. RAN. Ser. geogr*, 2014, No. 1, pp. 109–119.

Tishkov A.A., Optimizatsiya agrolandshafta Valdai. Struktura sel'skokhozyaistvennykh ugodii (Optimization of the agricultural landscape of Valdai. The structure of agricultural land), *Izv. RAN. Ser. geogr*, 1994, No. 3, pp. 74–84.

Tishkov A.A., Produktivnost' ekosistem bolot eksperimental'nogo basseina "Taezhnyi log" (Novgorodskaya obl., Valdai) (Productivity of marsh ecosystems of the experimental basin "Taiga log" (Novgorod region, Valdai)), In: *Struktura i funktsionirovanie ekosistem yuzhnoi taigi* (Structure and functioning of ecosystems of the southern taiga), Moscow: In-t geografii AN SSSR, 1986, pp. 177–201.

Tishkov A.A., Tsarevskaya N.G., Novenko E.Yu., Belonovskaya E.A., Diagnostics of the beginning of agricultural development of the northwest of the East European plain by spore–pollen spectra, *Doklady Earth Sciences*, 2021, Vol. 499, No. 2, pp. 686–692.

Tsvetkov M.A., *Izmenenie lesistosti evropeiskoi Rossii s kontsa XVII stoletiya po 1914 god* (Change of forest coverage of European Russia since the end of 17th century till 1914), Moscow: Izd-vo AN SSSR, 1957, 213 p.

Zaitsev V.M., *Kul'turnoe nasledie Valdai* (Cultural heritage of Valdai), Valdai, 2009, 108 p.