

УДК 551.46

ПРИРОДНАЯ И АНТРОПОГЕННАЯ ФРАГМЕНТАЦИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА ВАЛДАЙСКОГО ПООЗЕРЬЯ¹

© 2014 г. Е.А. Белоновская, А.Н. Кренке-мл., А.А. Тишков, Н.Г. Царевская

Институт географии РАН

Поступила в редакцию 24.03.2013 г.

Подтверждены высказанные до начала исследований гипотезы о наследовании “полевой” структуры ландшафта в современном лесном покрове Валдая и возможности с помощью геоботанических методов реконструировать исходную размерность ее контуров. Проведена с помощью дистанционной информации оценка фрагментации растительного покрова, которая выявила размерность современных контуров растительности, относящейся к ее разным типам – лесной, луговой и болотной. Средняя площадь условно гомогенного контура составила 1.9 га, что совпадает со средними размерами аграрных контуров, выявляемых при оценке фрагментации агроландшафта. Индекс фрагментированности ландшафта Валдая в границах контуров современного растительного покрова (сосновые, еловые, березовые леса, луга) составляет 0.18–0.24, что показывает не только сходство их генезиса (на месте лесных расчисток и пашни), но и многовековое существование в цикле аграрного использования. Проведенный анализ полевых данных и данных дистанционного зондирования позволил выявить закономерности актуальной пространственной динамики растительного покрова в условиях повсеместного восстановления лесов и составить представление об устойчивости его антропогенной мозаики. Установлено, что синтаксономический анализ актуальной растительности (проведение классификации растительных сообществ по флористическому принципу) позволяет реконструировать приблизительно границы типологически, а возможно и физиономически, единого контура до аграрного освоения земель. По предварительным оценкам их размеры составляют от нескольких десятков до сотен гектаров, то есть массивы коренных лесов до появления оседлых земледельцев на Валдае занимали полностью однородные элементы мезорельефа и контура однотипных четвертичных отложений. Сопоставление полевых данных и данных дистанционного зондирования позволило уточнить параметры запасов фитомассы растительных сообществ Валдая – от 12 (луга) до 400 (неморальные ельники) т/га, а продукции – от 3 (верховые болота) до 13–15 (луга, неморальные ельники) т/га в год. Сравнение запасов фитомассы коренных и вторичных лесов показывает снижение показателей у последних в 1.5–2.0 раза. Заращение лесом залежей, сенокосов и пастбищ существенно изменило пространственную структуру продуктивности растительности национального парка Валдайский, запасы его фитомассы выросли. В то же время наблюдается снижение рекреационных качеств исторически сложившегося на Валдае древнерусского лесо-поле-лугового ландшафта, который остается привлекательным для туристов и ценным объектом сохранения природно-культурного наследия.

Цель настоящей статьи – на основе имеющихся материалов дистанционного зондирования и наземных измерений оценить современную природную и антропогенную фрагментацию

растительного покрова национального парка Валдайский и выявить закономерности его продуктивности и динамики, обусловленные трансформацией ландшафта в процессе прошлого аграрного освоения. По результатам первичного анализа космических снимков территории были высказаны гипотезы (1) о “наследовании” «полевой» структуры ландшафта в современном лесном покрове и (2) возможности с помощью синтаксономии лесной растительности реконструировать размерность исходных контуров растительности. Для их проверки были проведены оценки по космическим снимкам и лесо-

¹ Статья подготовлена по результатам исследований по гранту РФФИ-РГО № 13-05-41392 «Пространственные перестройки биоразнообразия под влиянием “быстрых” изменений климата и социально-экономических условий в староосвоенных регионах Европейской части России» и по проекту 2.9. “Природные экосистемы и средообразующая роль биоты как факторы устойчивости развития староосвоенных регионов России” Программы фундаментальных исследований Президиума РАН № 31 (карты, материалы использования дистанционных методов)

таксационным материалам размерности выявляемых современных контуров растительности, относящейся к разным типам (лесной, луговой, болотной, водной), а также разных параметров структуры растительного покрова. Это позволило не только выявить закономерности пространственных структур растительного покрова исследованного региона, но и составить представление об устойчивости его антропогенной мозаики.

По нашему мнению, рекреационные качества национального парка по мере увеличения площади леса (восстановления на месте залежей, сенокосов и пастбищ), снижаются. Парк теряет веками формирующийся на Валдайской возвышенности древнерусский лесо-поле-луговой ландшафт, обладающий исключительно высоким биологическим и ландшафтным разнообразием. Выявление закономерностей формирования природной и антропогенной ландшафтной мозаики позволит более обоснованно регулировать аграрную и рекреационную деятельность на землях, входящих в границы парка, но не являющихся его территорией, и не допускать снижения исходного биоразнообразия из-за потерь антропогенных местообитаний.

Национальный парк занимает площадь 158 500 га в пределах Валдайского, Демянского и Окуловского районов Новгородской области, призван обеспечить сохранение лесных, болотных и озерных экосистем, а также традиционного аграрного ландшафта. При организации национального парка проведено функциональное зонирование его территории. Были выделены следующие 5 зон:

- заповедного режима (17.844 тыс. га, 11.3%);
- особо охраняемая гидрологическая в верховьях реки Полометь (38.100 тыс. га, 24.1%);
- регулируемого рекреационного и хозяйственного использования акватории озер (13.400 тыс. га, 8.4%);
- регулируемого рекреационного и хозяйственного использования вокруг озер (80.814 тыс. га, 50.8%);
- зона обслуживания посетителей парка (8.655 тыс. га, 5.4%).

Факторы, определяющие природную мозаику современного ландшафта Валдая. Территория национального парка располагается в пределах центральной части Валдайской возвышенности – главного водораздела Русской равнины и одного из шести главнейших континентальных водоразделов планетарного масштаба. Географические координаты (широта и долгота) национального парка: 58°20'–57°24' с.ш., 32°40'–

33°30' в.д. Координаты центральной точки национального парка 58°00' с.ш., 36°16' в.д. Данная территория относится к ключевым регионам устойчивого развития [14], обеспечивающих стабильность на площадях, превышающих многократно собственно площадь охраняемого водораздела.

Климат района умеренно-континентальный, характеризуется относительно теплым летом и продолжительной, умеренно холодной, с частыми оттепелями, зимой. Одна из примечательных черт климата Валдая – сравнительная неустойчивость, быстрая переменчивость погоды, обусловленная близостью Балтийского моря. Среднегодовая температура воздуха составляет +3.2 °С. Средняя температура самого жаркого месяца: июль +17 °С, самого холодного месяца: январь – 9 °С. Продолжительность безморозного периода 128 дней. Среднегодовая норма выпадения атмосферных осадков: 828 мм. Минимум осадков приходится на февраль-март, максимум – на июль-август. 53% осадков выпадает в виде дождя, 26% – в виде снега и 21% – в виде снега с дождем. Продолжительность периода с устойчивым снежным покровом – 140 дней. Высота снежного покрова достигает 40–45 см. В течение года преобладают западные и юго-западные ветра.

В *геологическом строении* территории принимают участие коренные породы верхнедевонского и нижнекаменноугольного возраста, а также рыхлые четвертичные отложения. В пределах парка находятся изученные и признанные памятниками природы геологического значения: классические формы ледникового рельефа (озера Валдайское и Ужин) и карбонатная глыбовая морена (на восточном берегу р. Валдайка). Здесь наблюдаются различные проявления карста и связанного с ним рельефа (исчезающие озера, выходы подземных вод, провалы, воронки).

Рельеф национального парка сформирован в результате воздействия ледников последнего (Валдайского) оледенения на древний уступ карбонатного плато. Мощность четвертичных отложений в пределах плато на водоразделах достигает 120 м, а в древних погребенных долинах – 200 м. Валдайская возвышенность формировалась в течение нескольких ледниковых стадий. Для современного этапа характерно наличие большого числа озер, в основном гляциально-ложбинного и гляцио-депрессийного типов. Первые, более глубокие, расположены в древних ложбинах стока, переработанных ледником. Вторые, как правило, мелководные, в пониженных участках рельефа.

На территории парка ярко выражены формы холмисто-моренного ледникового рельефа. Присутствует практически весь спектр аккумулятивных и аккумулятивно-денудационных форм ледниковой морфоскульптуры (валы и гряды конечных морен, камы, озы, конусы выноса и т.д.). Высота холмов и гряд составляет 20–60 м. Средняя высота над уровнем моря 150–250 м. Наивысшая точка над уровнем моря: 296 метров (г. Рыжох). Самая низшая точка над уровнем моря: 66 метров (долина р. Полометь в районе д. Яжелбицы). Рельеф отличается высокой антропогенной уязвимостью из-за преобладания легко размываемых ледниковых отложений при существенной крутизне склонов (15–20°) и обильных (свыше 800 мм в год) атмосферных осадках. Именно широкое распространение элементов эродированного рельефа, связанного с прошлой аграрной деятельностью, и послужило отправной точкой для высказывания гипотезы о наследовании древней фрагментации ландшафта в современном растительном покрове.

Главная особенность парка заключается в *обилии водных объектов*, которых насчитывается около 200 (14.5 тыс. га или 9% площади парка). Среди озер наиболее крупные: Валдайское, Ужин, Велье, Боровно, Полновский плес озера Селигер. Однако большинство рек и озер по своей величине и площади водосбора относятся к категории очень малых и малых. Из-за небольших размеров и глубин и неравномерности водного режима озера обладают повышенной чувствительностью к любому антропогенному воздействию и подвергаются фрагментации. На Валдае расположена зона активного формирования поверхностного и подземного стока, от количественного и качественного состава которого зависит водность крупных рек и озер – Мста, Пола, Верхняя Волга и оз. Ильмень. За долгий период аграрного освоения территории многие озера испытывали влияние эвтрофикации, заболачивания, регулирования стока, строительства копок, перемычек, каналов, изменения берегов, отделения заливов и пр. В последние десятилетия после активного забрасывания аграрных угодий, прекращения распашки и использования удобрений, процессы эвтрофирования озер и поступление в них твердого стока замедлились.

Разнообразие форм рельефа и почвообразующих пород предопределили чрезвычайную *пестроту и сложность почвенного покрова*. Почвы, среди которых преобладают дерново-слабоподзолистые (палеоподзолистые) полиминеральные (полевые шпат, слюды, в том числе биотит и др.) и имеют остаточную карбонатность. В пониже-

ниях между холмами распространены дерново-подзолисто-глеевые почвы. Торфяно-болотные почвы занимают небольшую площадь вследствие хорошей дренированности территории. Под неморальными лесами формировались буропсевдоподзолистые почвы. Почти на всех относительно ровных или имеющих слабый уклон поверхностях в почвах отчетливо прослеживается плужный след, а в нижней трети и у основания моренных холмов, и по берегам озер и рек отмечаются полосы намытых почв на переотложенных наносах.

К факторам, определяющим природную мозаику ландшафта, следует отнести экотонность его *растительности*: парк находится на границе подзона южной тайги (главным образом ельников на слабоподзолистых почвах с бореальными элементами в нижних ярусах) и хвойно-широколиственных (подтаежных) лесов (сложных еловых лесов на дерново-подзолистых почвах с участием неморальных видов в кустарниковом и травяном ярусах и настоящих широколиственных лесов на так называемых “поддубицах”, формирующихся на безвалунных глинах – “звонцах”. Через Валдайскую возвышенность проходит граница между западным (восточно-прибалтийско-среднерусским) и восточным (приволжским) географическими вариантами хвойно-широколиственных лесов [10]. Также несколько южнее 58° с.ш. проходит граница между “неморальными” (северными) и “бореальными” (южными) районами, которая в основном совпадает с границей ареала дуба. Южно-бореальная аномалия связывается с Валдайскими “горами”, ее называют еще “оро-бореальной” [19]. Наиболее важным фактором, определяющим распространение основных типов лесов, является климатический. По выделенным О.С. Гребенщиковым климаареалам лесных формаций Русской равнины климат Валдая прекрасно соответствует еловым и сосновым лесам и находится на границе климаареала дубовых лесов [1].

В парке представлено многообразие производных лесов, сформировавшихся на месте южной тайги, хвойно-широколиственных и широколиственных лесов восточноевропейского типа (136.2 тыс. га, 85.9% территории). Нелесные земли занимают 22.3 тыс. га (14.1%) и имеют тенденцию к сокращению. В составе лесной растительности доминируют преимущественно вторичные леса с преобладанием ели (27.7%) и сосны (17.3%), березы (36.7%) и серой ольхи (15.7%).

Антропогенные факторы, определяющие структуру и мозаичность современного ланд-

шафта Валдая. Судя по данным споро-пыльцевому анализу [5, 15, 17] и датировкам некоторых археологических памятников [4, 12] массовые расчистки леса в районе Валдайского поозерья имели место ранее массового переселения славян в середине I в. н.э., а именно в самом начале I в. н.э. (железный век). К диффузно расселенным здесь финно-угорским народам добавилось население, обладающее прогрессивными методами земледелия (плуг с покрытым железом лемехом, лошадиной тягой и пр.). На этом рубеже наметился резкий тренд снижения доли пыльцы ели (*Picea abies*), дуба (*Quercus robur*), орешника (*Corylus avellana*) и резкий рост участия пыльцы сосны (*Pinus sylvestris*), злаков, осок и зеленых мхов (в основном, по-видимому, обильно продуцирующих споры, пиропитов – рр. *Funaria*, *Bryum*, *Polytrichum*). Можно предположить, что именно в этот период Валдай стал ареной расселения славянских (венедских) 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 [12]. К периоду II–III вв. н.э. (“Римскому” оптимуму) были приурочены эти переломные для лесной растительности Валдая события, когда здесь формировался лесополуговой ландшафт, ведущие позиции в котором занимали сосновые леса на старых пашнях с обедненными и эродированными после использования почвами.

Последнее отразилось и на системе местной топонимики – в ней, как ранее отмечал известный исследователь исторической географии Новгородской области [3], преобладают названия, в основе которых слова “бор” и “гора”. Вторым важным для состояния местной лесной растительности и характера ее антропогенной мозаики стал период освоения сложившегося в процессе интенсивного подсечно-огневого земледелия агроландшафта новгородскими словенями. Они не только преемственно восприняли уже измененный ландшафт Валдая (практически безлесный вокруг озер), но и существенно расширили границы его освоения, внося в естественную мозаику конечно-моренного ландшафта значительную антропогенную составляющую. Она складывалась в период VIII–XII вв., когда отмечались благоприятные климатические условия (более теплые и влажные относительно современных), а количество поселений превосходило даже количество современных деревень и сел. Именно к этому периоду относится выявленное нами древнейшее упоминание Валдая в новгородской берестяной грамоте № 740 1140–

1160-х годов, где идет речь о долге или налоге “с Валдая в 15 кун” [16, 17].

По-видимому, и в более поздние периоды, например, 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 также к преобладанию в ландшафте безлесных земель. По нашим оценкам, в отдельные периоды лесистость Валдайского поозерья составляла менее 40%. Это нашло отражение на некоторых старых планах и картах, например, на карте Генерального плана Валдайского уезда 1788 г. – владений Иверского монастыря, которая воспроизведена в статье [13], а на карте России 1853 г. леса вокруг озер Валдайское и Ужин фактически отсутствуют.

Относительно крупные расчистки леса под посевы, выпасы и сенокосы, судя по полученным нами совместно с Л.Р. Серебряным результатам споро-пыльцевого анализа торфяных залежей Валдая, стали появляться **с середины I тысячелетия до н.э.** (ранний железный век). Поселения этого периода на территории поозерья немногочисленные, что скорее всего связано с “переломной” системой земледелия, когда поселения были временными и менялись по мере смены угодий. Но уже в период **с конца I тысячелетия до н.э. и к концу I тысячелетия н.э.** земледелие в регионе распространилось столь широко, что это выявляется в пыльцевых диаграммах торфа [5, 15]. Земледелие и скотоводство (часто развиваемое в долинах рек и по берегам озер, под пологом широколиственных, хвойно-широколиственных и лиственных лесов) способствовало сравнительно быстрому расселению на Валдайском поозерье млекопитающих открытых пространств, гемисинантропов и синантропов. Именно в составе фауны млекопитающих региона эти группы стали наиболее массовыми (около 25%) и сохранили свои лидирующие позиции до настоящего времени (лисица, черный хорь, еж обыкновенный, крот европейский, водяная полевка, полевая мышь, обыкновенная полевка, восточноевропейская полевка, домовая мышь, серая и черная крысы и др.).

С появлением славяно-балтского и славянского населения на Валдае **в начале I тысячелетия н.э. и в VII–VIII вв.** расширилось подсечно-огневое земледелие, применяемое финно-угорским населением, начал формироваться характерный для всего последнего тысячелетия “древнерусский” **лесо-поле-луговой ландшафт.**

Двухпольные и трехпольные севообороты стали распространенным явлением на славянских землях уже в VIII–X вв., заменяя местами подсечно-огневое земледелие. Широко стало практиковаться удобрение почвы, особенно конским навозом. На заливных и суходольных лугах выпасался крупный рогатый скот, овцы, крестьяне разводили свиней, кур. Тягловой силой в хозяйстве стали лошади. Коневодство превратилось в одно из важных хозяйственных занятий.

Пушной промысел, использование недревесных ресурсов леса (грибы, ягоды, дичь) наряду с рыбной ловлей обеспечивали устойчивость хозяйства даже в неурожайные годы. В среднем трехпольный участок однолошадного крестьянина составлял около 7 гектаров. Вместе с сенокосами и пашнями на одну семью могло приходиться более 12–15 га. Поля располагались возле поселения [13], а выпас и сенокосы – в нескольких километрах от деревни или хутора. Деревни из-за возникшего уже на этапе расселения дефицита пригодных для аграрного производства земель не разрастались. Ресурсы природы способствовали здесь дисперсному (хуторскому) типу расселения [4], что приводило к более равномерному использованию ресурсов пространства и, в целом, переложной системе аграрного хозяйства, когда “оборот” земель соответствует периоду “созревания” леса для подсеки. Если представить период использования расчистки после огня 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 границах национального парка Валдайский – это примерно 15–20 тыс. га). К этому следует добавить наличие кормовых угодий для обеспечения питания тягловых и мясных лошадей, коров и овец – всего не менее 5 тыс. лошадей (на каждые 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), безлесные земли в период активного аграрного освоения рассматриваемой территории (например, в X в.) должны были составлять здесь не менее 55–60 тыс. га (то есть около 40% угодий).

Максимум хозяйственного освоения территории Валдая был достигнут в **древнерусский период (X–XV вв.)**, когда при сохранении подсечно-огневого земледелия (для создания отрубов, хуторов, освоения пустошей – лесных незанятых участков) активно внедрялась трехпольная система вокруг деревень. Обилие жальников (общинных кладбищ), городищ и поселений этого периода, выявленных археологами на Валдае, говорит

как раз о повсеместности хозяйственной деятельности в древнерусскую эпоху. Особое внимание обращает на себя плотность поселений по берегам озер Валдайское, Ужин, Велье, Боровно, рек Полометь, Валдайка, Шегринка и др. Эти территории были одними из самых густонаселенных в конце I тысячелетия н.э.

Подсечно-огневой способ расчистки в районе Валдая, возникнув более 2000 л.т.н., сохранялся до 1930-х гг. В районе преобладал **сележно-озерный и возвышенно-озерный тип поселений**. И тот и другой ориентировался на особенности микроклимата для аграрного производства (приусадебного): при береговом размещении поселений население ориентировалось на подтепляющее действие озера – исключение раннеосенних заморозков, а при размещении на возвышенных участках – снижение риска позднеосенних заморозков. В процессе изучения фрагментации ландшафта Валдая было выделено *9 этапов его аграрного освоения*:

1 этап (дославянский, по-видимому, финно-угорский), с 2500–3000 л.т.н. до 1200 л.т.н. – луго-пастбищного очагового животноводства в осветленных широколиственных лесах и первых расчисток под посевы.

2 этап (начало славяно-балтской и славянской колонизации), II–VI вв. н.э., очагового подсечно-огневого земледелия и луго-пастбищного приозерного животноводства, часто подкоронового. Включение в хозяйственный оборот массивов широколиственных лесов.

3 этап (расширение славянской колонизации земель за счет прихода новгородских словен), VII–XI вв. н.э. крупноочагового подсечно-огневого земледелия и луго-пастбищного животноводства, формирование сети мелких поселений и городищ. Начало становления мелкоконтурного аграрного ландшафта.

4 этап (расцвет славянской колонизации), XII – начало XIV вв. – фронтального подсечно-огневого и трехпольного земледелия и луго-пастбищного животноводства, формирование кустов постоянных приозерных и водораздельных поселений.

5 этап (“восточноевропейский вариант начала малого ледникового периода”), XIV–XVI вв. – nasledуемых контуров земледелия и луго-пастбищного животноводства, завершения формирования аграрного ландшафта за счет максимального освоения пригодных для пашни, сенокоса и пастбища земель, развития сети устойчивых поселений, активной мелиорации, промышленного ис-

пользования леса (для углежжения, производства поташа и стекла, выделки железа). С присоединением Новгорода к Москве в 1478 г. Валдай становится дворцовым селом с приписанными землями 4-х погостов – Короцкого, Нерещкого, Еглинского и Городенского, а его население увеличивается [4].

6 этап (расширение аграрного освоения в условиях мирной жизни, забрасывание аграрных земель в период войн) – XVI–XVIII вв. – сплошное подсечно-огневое и трехпольное земледелие, крупные контуры суходольных лугов – сенокосов и пастбищ, обилие скота, строительство монастырей. Продолжается фронтальное обезлесивание (почти все берега озер освоены под поля, сенокосы и пастбища). За период польско-шведской интервенции и литовского нашествия в начале XVII в. население Деревской пятины сократилось в 6 раз, но затем сравнительно быстро восстановилось. Устойчивость хозяйств обеспечивалась сохранением контуров аграрного освоения. Агроландшафт включал лесной и луговой перелог, подсеку, паровую систему земледелия. Пригодные для зернового хозяйства земли были мелкоконтурные, разрознены: поля на Валдае редко превышали по площади 1–2 га [13].

7 этап (благоприятный для развития аграрного производства) – вторая половина XVIII–середина XIX вв. (начало функционирования Николаевской железной дороги, прошедшей в стороне от Валдая). Замедление развития, начало отхожих промыслов крестьян.

8 этап (продолжение периода, благоприятного для аграрного производства – на фоне мировых и гражданской войн, потепления климата) – середина XIX в. – 1990 г. (год образования национального парка Валдайский) – сокращение осваиваемых под аграрное производство площадей и первые проявления депопуляции (из-за сдвига экономической активности в сторону 2-х столиц, военной и послевоенной разрухи). Формирование в регионе после начала индустриализации в 1930-х гг. “экономической пустыни” за счет забрасывания аграрного производства, обезлюдивания деревни. Расцвет рекреационного использования, проведение масштабных мелиоративных работ на аграрных угодьях.

9 этап – (резкий спад сельского хозяйства) – с 1990 г. по наше время. Запустение, спад рекреационного использования территории, начало интенсивного облесения бывших сельскохозяйственных угодий, вымирание деревень, снижение эрозии земель и объемов поступления твердого стока в озера, разрушение мелиоративных систем

(дренажа), постепенное разрушение грунтовой дорожной инфраструктуры, стихийное дачное освоение береговой полосы озер.

Понятно, что этапность развития агроландшафта, выявленная нами, сказывалась на динамике его фрагментации и наследовании структуры, размерность которой менялась по мере освоения незначительно. Ее результатом можно считать и сложившуюся размерность контуров угодий вокруг деревень Валдая, выявленную посредством анализа лесотаксационных материалов и полевыми измерениями (табл. 1).

Оценка современной фрагментации лесного ландшафта Валдая на основе данных дистанционного зондирования. Современные средства дистанционного зондирования предоставляют широкий спектр измерительных устройств: мультиспектральные, гиперспектральные, радарные сенсоры и т.д. Мультиспектральные сенсоры представляют наиболее простой и одновременно мощный набор данных о состоянии ландшафта. Мультиспектральные сенсоры измеряют отражение солнечной радиации от поверхности земли в нескольких спектральных каналах, как правило, это каналы видимого и инфракрасного спектров. Предполагается, что характер ландшафта определяется его поглощением солнечной радиации в разных диапазонах спектра. Различные спектральные образы маркируют растительные сообщества, аграрные угодья, поселения, водоемы.

Методической проблемой является подбор удачного алгоритма классификации данных дистанционного зондирования. Такой алгоритм должен включать в себя минимум априорных предположений и в то же время быть чувствителен к незначительным изменениям в спектральных образах объектов, так как разница между различными растительными сообществами относительно, например, разницы между растительностью и населенным пунктом незначительна. Для выявления разнообразия растительности и оценки ее фрагментации использован *метод итеративной дихотомической классификации* [8]. Алгоритм классификации заключается в последовательном разделении всего множества объектов на две группы. В случае обработки данных дистанционного зондирования (ДДЗ) эти объекты являются пикселями, содержащими различные каналы съемки, производные от них индексы и т.п. Ранее [6] было показано, что при использовании дистанционной информации и ее верификации в процессе полевых наблюдений удастся достаточно полно различать на космических снимках типы лесов и состав их древостоя. В данной статье ставилась

Табл. 1. Современная фрагментация агроландшафта Валдая. Площадь контуров аграрных угодий в окрестностях деревень “фронтального” (Ящерово, Усадье) и “очагового” (внутрилесного) освоения ландшафта (Терехово, Нелюшка) на момент организации национального парка Валдайский (1990 г.), га. По: [13], с дополнением.

Деревня, удаление от границ, м	Угодья				
	Леса	Болота	Поля	Луга-сенокосы	Луга-пастбища
Усадье					
250	1.2	0.3	4.1	0.6	1.8
500	2.9	0.4	3.5	0.4	1.0
1000	4.8	0.5	4.2	0.3	2.0
1500	4.5	5.5	2.0	0.5	1.5
Ящерово					
250	0.4	0.3	6.0	0.8	1.1
500	4.0	0.2	8.9	0.3	2.7
1000	7.3	—	7.2	0.5	1.3
1500	7.0	0.4	7.0	0.5	1.1
Терехово					
250	0.2	0.2	1.8	0.3	0.9
500	3.8	0.5	2.0	0.5	0.5
1000	5.5	1.1	2.2	0.8	2.0
1500	8.0	1.4	2.5	0.3	0.8
Нелюшка					
250	0.7	0.5	3.1	0.4	0.3
500	2.5	1.0	2.4	0.4	1.2
1000	3.0	1.7	1.9	0.9	1.1
1500	3.5	5.2	2.1	1.0	2.2

цель различения лесов по доминантам древостоя и нелесных земель на уровне урочищ. Для достижения такой точности нет необходимости проводить полевые исследования, достаточно использовать известные спектральные образы основных типов ландшафтов данной территории. Составление подобной библиотеки образов для южно-таежных ландшафтов Валдая было проведено ранее на базе Центрального лесного биосферного заповедника [9].

Нами на основе космических снимков проведена первичная классификация ландшафта национального парка Валдайский, индицируемого состоянием современной растительности (рис. 1). Для этого использованы две “сцены” LANDSAT 5 за 2010 и 2009 гг. Сцены подобраны по близости дат и времени съемки. Мозаика “сцен” отражает состояние ландшафтного покрова на 20-е числа августа. Изначальное разрешение сцен составляло 30 м, но для удобства обработки оно было уменьшено до 60 м. Мозаика сцен обрезана по границам парка. Учитывая необходимость получения информации о разнообразии элементов ландшафтного покрова на уровне урочищ, процедура дихотомической классификации была

остановлена на 4 уровне (16 классов), когда средняя доля класса составила 6% от территории, а средняя площадь условно гомогенного контура составила 1.9 га. Полученные 16 классов, описывающие различные состояния поверхности, были обобщены до 9 основных типов ландшафтов через использование спектральных образов полученных для территории Центрального лесного заповедника. Выявленные элементы ландшафта, в которых преобладают разные растительные сообщества (леса, луга, болота) и индексы их фрагментированности, представлены на рис. 1, 2 в табл. 2.

Был проведен расчет фрагментированности ландшафта. Сравнение степени фрагментированности различных ландшафтов может дать информацию об их генезисе и возможной последовательности сукцессионных смен. Индекс фрагментированности учитывает как разнообразие элементов ландшафта на площади, так и компактность их размещения. Определение индекса ведется с помощью поиска в “плавающем квадрате” смежных пикселей одного типа и поиска границ одного типа с другим. Так, у пикселя одного типа, окруженного 8-ю пикселями другого типа,

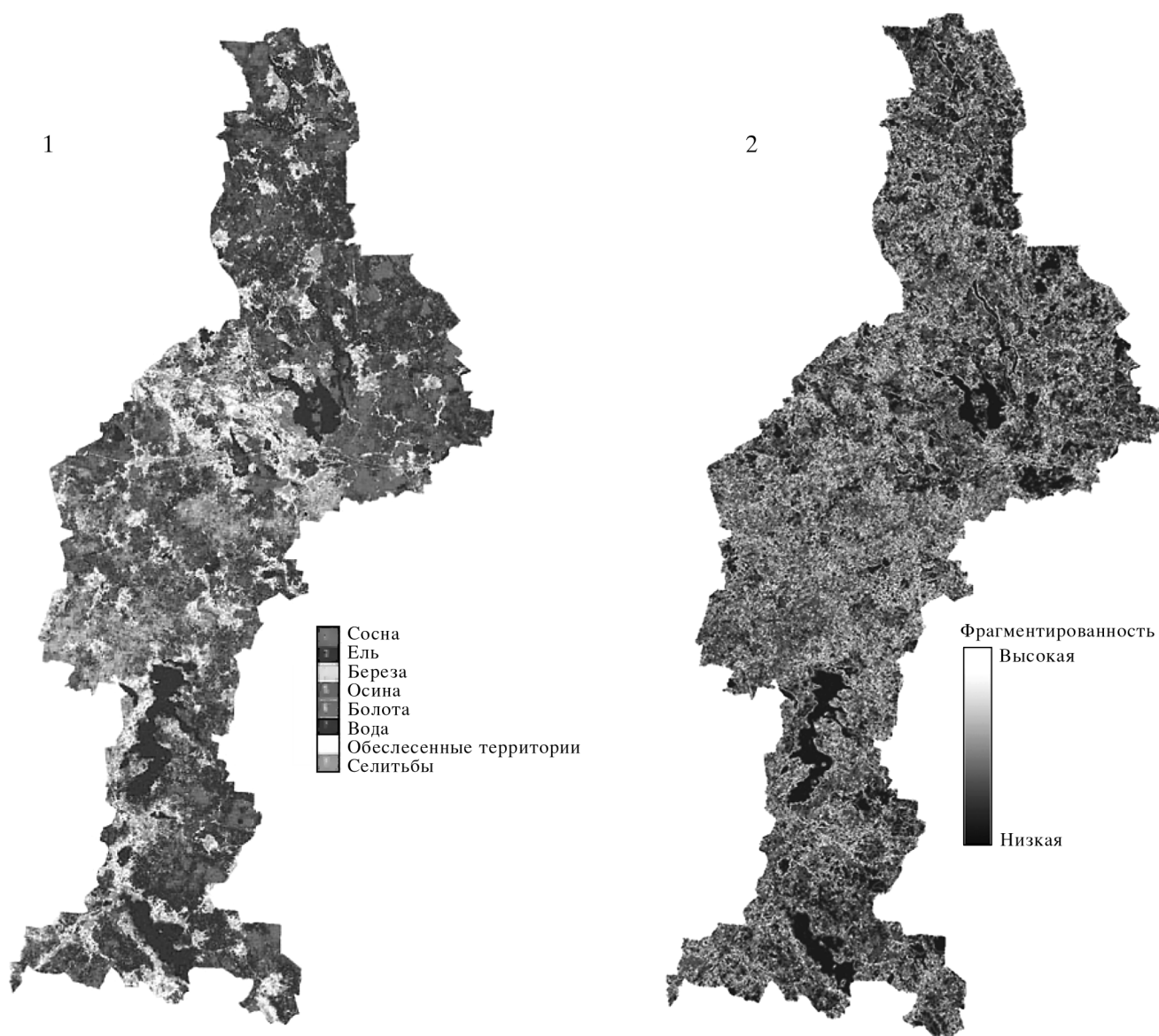


Рис. 1. Современная структура ландшафта Валдая (1) и его наследуемая фрагментация (2).

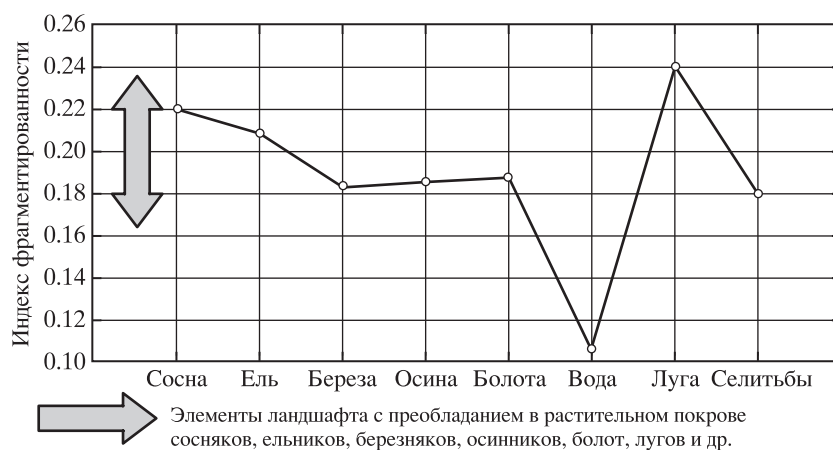


Рис. 2. Изменение индекса фрагментированности элементов современного ландшафта Валдая.

Таблица 2. Растительный покров национального парка Валдайский и его фрагментация (размер выделяемых на космических снимках контуров и индекс фрагментированности)

Элементы растительного покрова парка	% от площади	Средний размер выделяемых контуров (га)	Индекс фрагментированности
Сосновые леса	19.6	2.3	0.22
Еловые леса	27.3	2.7	0.21
Березовые леса	17	1.2	0.18
Осиновые леса	8.4	0.8	0.19
Верховые, переходные и низинные болота	2.7	2.8	0.19
Водоемы	5.6	25.7	0.11
Луга и кустарники	15.2	2.5	0.24
Селитьбы и территории с бедной растительностью	3.8	2.5	0.18

индекс “граничности” будет максимальным (+8), а индекс смежности будет равным нулю. В свою очередь, если окружающие его пиксели будут все разных типов, то их индекс “граничности” также возрастет, а если нет – то увеличится индекс смежности. Таким образом, происходит учет как смежности, так и разнообразия элементов ландшафта. Индекс вычисляется как разность индекса “граничности” (Br) и индекса смежности (Pt), нормируется индексом “граничности”: $(Br-Pt)/Br$. Он принимает значения от 0 до 1, при этом нулю соответствуют полностью не фрагментированные объекты, а единице – полностью фрагментированные. При анализе данных табл. 2 выявляется, что наименее фрагментированными на Валдае являются водные объекты, следующими за ними идут безлесные элементы ландшафта и березовые леса. Полученные с использованием ДДЗ данные (табл. 2) оказались близкими данным, полученным прямыми измерениями площади контуров агроландшафта, выполненными до организации национального парка. А близость параметров безлесных контуров и лесных доказывает: (1) единство их аграрной истории, и (2) средние размеры участков ландшафта, в границах которых протекают залежные сукцессии.

Растительный покров Валдайского поозерья и его антропогенная динамика. Синтаксономическое разнообразие лесов национального парка Валдайский не отличается большим разнообразием. Выделяются следующие классы лесных сообществ: бореальных хвойных лесов Евразии – *Vaccinio-Piceetea* неморальных лесов Европы – *Quercus-Fagetes* и класс заболоченных лесов *Alnetea glutinosa* [7]. К классу *Vaccinio-Piceetea*, порядку *Cladonio-Vaccinietalia*, относятся две ассоциации широко распространенных зеленомошных сосновых и еловых лесов – асс. *Monotropo hypopitys-Pinetum sylvestris* союза *Dicrano-Pinion*

и асс. *Maianthemo bifolii-Piceetum abietis* союза *Vaccinio-Piceion* соответственно. Сообщества данных ассоциаций обычно занимают ровные или пологие части второй и третьей надпойменных террас рек, песчаных холмов, гребни гряд песчаных наносов или их склонов. В прошлом, учитывая более значительную, по сравнению с современной, освоенность территории, на месте современных массивов сосновых и еловых лесов данных ассоциаций были пашни [13, 16, 17]. Сходный видовой состав, практически обязательное присутствие ели в сосновых лесах и сосны в еловых лесах наводит на мысль, что описанные ассоциации сменяют друг друга в ходе пирогенных сукцессий. Размерность и размещение контуров занятых лесами *Vaccinio-Piceetea* на современных космических снимках, показывают исходные (до начала антропогенной фрагментации) позиции лесов этого класса в ландшафте Валдая, что подтверждает высказанную гипотезу о возможности с помощью синтаксономического анализа реконструировать доантропогенные границы природной растительности.

К классу европейских широколиственных лесов *Quercus-Fagetes* относятся серо-ольшанники, распространенные в прибрежной полосе озер. Для данных сообществ характерно доминирование ольхи серой в древесном ярусе, сомкнутость которого может варьировать от 0.3 до 0.7, подлесок иногда значительной сомкнутости (до 60%) из ивы, смородины красной и черной, малины и ежевики. Травяной покров густой и высокий. В нем доминирует крапива, сныть, таволга, хвощи, часто встречаются папоротники, гравилат, пахучка, лютик золотистый и др. Околоводные леса из ольхи серой практически не подвергаются антропогенному воздействию и большей частью сохранили свой естественный облик. Они играют важную роль в сохранении прибрежных и мелко-

водных экосистем озер ВНП, так как образуют защитную зону береговой линии при волноприбойном, а также рекреационном воздействии. Корни древесных растений, переплетаясь, механически укрепляют берега. Относительная труднопроходимость зарослей ивы и ольхи создают определенные неудобства для подходов к воде.

Другая группа лесов с неморальными элементами объединяет **сероольховые леса на высоких поймах и террасах**, по камам и моренным холмам. Первый ярус древесного полога, сомкнутость которого варьирует от 0.4 до 0.5, состоит из ольхи серой, встречаются также единичные березы и сосны. В подлеске, сомкнутостью до 90%, постоянно встречаются черемуха, рябина, подрост ольхи и иногда дуба. В хорошо развитом травостое доминирует сныть, встречаются также крапива, купырь лесной, папоротники (*Dryopteris carthusiana*, *Athirium filix-femina*). Такие виды, как ландыш, гравилат городской, зеленчук желтый, марьянник дубравный, вероника дубравная и звездчатка дубравная, овсяница гигантская свидетельствуют о принадлежности данных сообществ к классу европейских широколиственных лесов. Сероольшанники этой группы иногда встречаются на заброшенных сельскохозяйственных угодьях, и именно значительной их нарушенностью можно объяснить обедненный видовой состав рассматриваемых сообществ.

В следующую группу входят леса, древостой которых может быть образован различными породами: **дубом или елью**, в состав древесного яруса могут входить также береза, ольха серая и черная, осина, редко вяз. Но, независимо от того, какая из перечисленных пород доминирует, сообщества данной группы объединяет присутствие и обилие в кустарниковом и травяном ярусах значительного количества **видов неморального комплекса**, что позволяет отнести данные сообщества к классу *Querc-Fagetalia*, порядка *Fagetalia*, союза *Carpinion betuli*. Лещина, дикая яблоня наряду с черемухой, волчегонником и жимолостью лесной встречаются в подлеске. Ветреница дубравная, печеночница, копытень, перловник, зеленчук, вороний глаз, воронец колосистый, звездчатка жестколистная, сныть, ландыш, пролесник, фиалки обычны и преобладают в травостое, который отличается особой пышностью (проективное покрытие достигает 90–95%). Как местные богатые ельники, так и дубовые леса тяготеют к пологоволнистым формам рельефа и могут развиваться на разных отложениях: карбонатной морене, водно-ледниковых песках и супесях, подстилаемых мореной суглинистой и на возвышенностях с тяжелыми

так называемыми звонцовыми глинами озерно-ледникового происхождения [7].

На первый взгляд, валдайские широколиственные леса кажутся самыми необычными сообществами в Новгородской области. Но, учитывая, что Новгородская область и, в частности, Валдай находятся на границе распространения южно-таежных и хвойно-широколиственных (подтаежных) лесов [10], распространение на территории парка, наряду с бореальными ельниками, дубовых лесов и сложных неморальных ельников не должно вызывать удивления. К тому же, согласно ординационным построениям О.С. Гребенщикова, климат Валдая соответствует условиям произрастания, как еловых и сосновых, так и дубовых лесов [1]. В атлантическое время голоцена (5–7 тыс. лет назад), когда климат был более теплый и влажный, леса из широколиственных пород занимали в Новгородской области господствующее положение [5]. Последующее похолодание в суббореальный период привело к частичному замещению их сосновыми и еловыми лесами. В начале аграрного освоения Валдая в результате вырубки, раскорчевки под пашни и неумеренного выпаса скота шло интенсивное сокращение площадей, занятых широколиственными лесами. Их место занимали ольховые, березовые, еловые леса, а на бедных песчаных почвах – сосняки.

Таким образом, можно заключить, что богатые травяные ельники и серо-ольховые леса – дериваты дубовых лесов, произраставших на этих участках в прошлом. В пользу этого говорит общность как видового состава (комплекса неморальных видов), так и условий местообитания на более или менее плодородных суглинистых или глинистых почвах на двучленных моренных отложениях. При этом условия для возобновления дуба более благоприятны под пологом ольхи, чем при значительном затенении под пологом ели. При благоприятных условиях произрастания и в отсутствии антропогенного влияния велика вероятность восстановления дубрав на прежних позициях [13].

Большое количество осадков, распространение водоупорных глинистых и суглинистых отложений, слабый дренаж и пересеченность рельефа благоприятствуют развитию на территории парка переувлажненных и заболоченных местообитаний. В локальных впадинах на больших моренных холмах, западинах между камнями, по окраинам небольших лесных озер распространены небольшие массивы топких березняков ассы. *Carici canescentis-Betuletum pubescentis* союза *Vaccinio-Piceion* (класс *Vaccinio-Piceetalia*), порядка *Vaccinio-Piceetalia*) с обильным покровом

осок и прекрасно развитым моховым ярусом, составленным многими видами сфагнумов. По берегам ручьев, рек, озер и ложбинам стока часто встречаются заболоченные ельники и березняки с обильным покровом *Athyrium filix-femina*, *Filipendula ulmaria* и постоянным присутствием мха *Climacium dendroides*, объединяемые в асс. *Climacio-dendroides-Piceetum abietis* союза *Alnion glutinosae* (класса *Alnetea glutinosae* порядка *Alnetalia glutinosae*). Данные сообщества можно считать дериватами сообществ черной ольхи в более континентальных условиях. Сосняки на верховых сфагновых болотах составляют асс. *Chamaedaphno calyculatae-Ledetum palustris* союза *Pino-Ledion* (класса *Vaccinieta uliginosi* порядка *Vacinietalia uliginosi*). Данные сообщества обычны на Валдае и могут занимать десятки и даже сотни гектаров, соседствуя с болотами класса *Oxycocco-Sphagnetum* и осоковыми болотами класса *Scheuchzerio-Caricetum nigrae*.

Исключительным разнообразием растительности отличаются водоемы парка. Нами [20] составлен “рабочий” продромус водных и прибрежно-водных синтаксонов озер, в котором выделяется 4 класса (*Lemnetea*, *Potametea pectinati*, *Phragmito-Magnocaricetea*, *Littorelletea*), 8 порядков, 10 союзов и около 50 ассоциаций. Положение водной растительности парка в ландшафте, хотя и совпадает с разными зонами глубин озер, но на мелко-масштабных космических снимках практически не выявляется. В то же время, опыт исследований озер после резкого сокращения здесь аграрной деятельности показывает существенные сдвиги в развитии водной растительности в процессе деэвтрофикации водоемов.

Наиболее важными факторами, определяющими разнообразие растительности озер являются: морфологические особенности водоемов (размеры, глубина), изрезанность берегов (наличие заливов и защищенных мест, мелководных участков), оптические и химические свойства воды, ее температура, ветер, волноприбойная деятельность, течения, донные отложения, облесенность берегов, деятельность человека и др. В отсутствии интенсивной антропогенной трансформации в зависимости от глубин в озерах Валдая различаются до 5 зон (поясов) растительности.

1. Пояс сообществ низких и средневысоких надводных растений класса *Phragmito-Magnocaricetea*, союза *Magno-Caricion elatae*. Сообщества занимают полосу от уреза воды до глубин 0.5–0.75 м. Пояс сложен сообществами ассоциаций *Alismato-Scirpetum sylvatici*, *Caricetum acutrostratae*, *Caricetum distichae* и др.

2. Пояс высоких надводных растений, для которого характерно распространение ассоциаций союза *Phragmitum communis* (*Equisetum fluviatilis*, *Glycerietum maximae*, *Phragmitetum communis*, *Typhetum angustifoliae* и др.) тянется до глубины 1.5–2 м.

3. Пояс сообществ плавающих растений класса *Potametea pectinati* союза *Nymphaeion albae* располагается по краю зоны высоких надводных растений до глубины около 2.5–3 м. В этой полосе распространены сообщества ассоциаций *Myriophyllo-Nupharetum*, *Nupharetum pumili*, *Nupharo lutei-Nymphaeetum albae*, *Nupharo lutei-Nymphaeetum candidae*, *Nymphaeetum albae*, *Polygonetum amphibii*, *Potametum natantis* и др.

4. Пояс сообществ погруженных растений союза *Potamion pectinati* располагается до глубины 3–3.5 м. Это ассоциации, сложенные крупными рдестами *Potametum compressi*, *P. graminei*, *P. lucentis* и др., а также видами урути *Myriophylletum spicati*, *Myriophyllo-Potametum* и др. и элодеей канадской – *Elodetum canadensis*.

5. Пояс низких погруженных растений распространен в олиготрофных озерах до нижней границы распространения растительности. Главным образом на песчаных субстратах изредка встречаются сообщества класса *Littorelletea*, союза *Littorellion uniflorae*. На Валдае это сообщества ассоциации *Eleocharitetum acicularis*, а также ассоциации *Isoeto-Lobelietum*, которая состоит из редких видов, занесенных в Красную книгу России: *Isoetes setacea*, *I. lacustris*, *Lobelia dortmanna*.

Следует отметить, что такая последовательность поясов наблюдается не всегда. Очень часто происходит выпадение поясов и (или) их инверсия. Это зависит от многих факторов: прозрачности воды, крутизны уклонов дна, донных отложений, а также антропогенного влияния. Среди выявленных ассоциаций выделяются широко распространённые – *Phragmitetum australis*, *Scirpetum lacustris*, *Potametum perfoliati*, *Nymphaeetum candidae*, *Nupharetum luteae* и др. и уникальные ассоциации, сложенные редкими видами, например, асс. *Isoeto-Lobelietum* отмечена для озер Защегорье, Городно, Пестовское, Боровно, асс. *Potamo-Nupharetum pumili* – для озера Пестовское, асс. *Nymphaeetum albae* – для озера Гнильское, асс. *Sagittario-Sparganietum* – для озер Ужин и Боровинец.

Фрагментация ландшафта и продуктивность растительности Валдая. Зависит ли продуктивность ландшафта от фрагментированности растительного покрова? Ранее [18] было показа-

Таблица 3. Соответствие синтаксонов лесных сообществ НПВ, выделенных по критериям флористической, доминантной и лесотехнической классификаций

Синтаксоны флористической классификации (по Короткову, 1990)				Сообщества доминантной классификации (по Тишкову, 1979)	Типы местообитаний (ландшафтов) (по Номоконову, 1954)
Класс	Порядок	Союз	Ассоциация		
Vaccinio-Piceetea	Cladonio-Vaccinietalia	Dicranopinion	Monotropo-Pinetum	Сосняки кустарничково-зеленомошные	Холмистый задровый: расчлененный, всхолмленный рельеф, несортированные флювиогляциальные пески, слабозаподзолистые почвы на вершинах песчаных холмов
	Vaccinio-Piceetalia	Vaccinio-Piceion	Carici canescens-Betuletum	Березняки (с елью) долгомошно-сфагновые	Торфяники задровых равнин: слабозволистый рельеф с низкими холмами и плоскими впадинами; торфяно-болотные почвы
Quercus-Fagetalia	Fagetalia sylvaticae	Alno-Padion	Maianthemopiceetum	Ельнички кустарничково-зеленомошные	Гляциально-озерные равнины с сортированными песками, подстилаемые валунным суглинком; почвы слабо и среднеподзолистые песчаные.
			Urtico-Alnetum	Средозеленные травяные	Холмистый конечно-моренный: (1) увлажненный, хорошо дренированный; слабозволистые легкосуглинистые или супесчаные почвы, обогащенные минеральными веществами; (2) богатые, несколько оторфованные и оглеенные подножия склонов моренных холмов и днища заболоченных низин; перегнойно-глеевые и торфяно-глеевые почвы.
		Carpinionbetuli	Rhodobryopiceetum	Ельнички мелко-травно-зеленомошные и кисличники	Холмистый конечно-моренный: увлажненные, хорошо дренированные склоны; слабозволистые легкосуглинистые или супесчаные почвы
			Trollio-Quercetum	Дубняки на звонцовых глинах	Ландшафты на глинистых гляциально-озерных отложениях, рельеф всхолмленный; слабозволистые почвы на карбонатных, тяжелых по механическому составу породах ("поддубцы").
Alnetea glutinosae	Quercetalia robori-petreae	Luzulo-Fagion	RubosaxatilisPopuletum	Осинники травяные	Холмистый конечно-моренный: вблизи населенных пунктов
	Alnetalia glutinosae	Alnion glutinosae	Climacio-Piceetum	Березняки болотные	Холмистый конечно-моренный: потенциально богатые, несколько оторфованные и оглеенные подножия склонов моренных холмов и днища заболоченных низин; перегнойно-глеевые и торфяно-глеевые почвы.
Vaccinietea uliginosi	Vaccinietalia uliginosi	Pino-Ledetum	Chamaedaphnoladetum	Сосняки долгомошно-сфагновые, или кустарничково-сфагновые	Холмистый задровый: расчлененный, всхолмленный рельеф, несортированные флювиогляциальные пески; торфяно-глеевые почвы в отрицательных формах рельефа

но, что различия в уровне продукции коренных и производных лесов на их месте в районе Валдая незначительные, а уровень запаса фитомассы при прочих равных условиях (например, возраст насаждений) различается более существенно (на 20–30%). Как уже отмечалось, район исследований находится на границе распространения южнотаежных (юго-запад) и хвойно-широколиственных лесов (северо-восток, север). Здесь среди факторов, влияющих на продуктивность растительности, большую роль может играть положение в рельефе, позволяющее реализовать “Правило предварения” В.В. Алехина, когда растительные сообщества более северной зоны могут находить оптимум в пределах соседней более южной зоны. Поэтому малопродуктивные ельники на слабоподзолистых почвах с бореальными элементами в нижних ярусах сочетаются с высокопродуктивными еловыми и елово-широколиственными лесами на палеоподзолистых почвах с неморальными видами под пологом леса. Дигрессивно-демутационные варианты коренных лесов – ельники, сформировавшиеся на месте пашни, вырубок, гарей, вторичные сосняки, сероольшанники, осинники и полидоминантные мелколиственные леса (береза, осина, ива козья) имеют существенно более низкие показатели запасов фитомассы – на 10–15 % ниже, чем у коренных лесов. Снижение запасов и продукции фитомассы отмечается на участках с затрудненным дренажем и следами давней вырубки и распашки – в ельниках сфагновых и сосняках зеленомошно-сфагновых без развитой торфяной залежи.

Болота сохраняют продукционные характеристики, близкие к естественным. В то же время некоторые облесенные и мелкоконтурные массивы болот испытывали в прошлом действия т.н. “народной” мелиорации – осушку за счет понижения уровня дренажа, а некоторые переходные (сосново-чернично-сфагновые, сосново-березово-сфагновые, березово-осоково-сфагновые) и низинные (черноольхово-высокотравные, осоково-гипновые, травяно-гипновые) возникли на местах аграрных угодий, в т.ч. пашни и сенокосов. Переувлажнение здесь ведет к понижению запасов и продукции фитомассы по сравнению с коренными лесами примерно на 50%.

Луга Валдая представлены высокопродуктивными первичными лугами поймы озер и рек и вторичными суходольными лугами, для которых характерно длительное хозяйственное использование (разнотравно-злаковые сенокосы и пастбища), или современного происхождения (последельные полянные или полянно-опушечные комплексы на разных стадиях зарастания).

Ниже (табл. 3, рис. 3) приведены обобщенные средние данные по запасам фитомассы и продукции, полученные в рамках полевых исследований авторов [18]), анализе литературных источников и ДДЗ.

Для экстраполяции полученных полевыми измерениями данных и для выявления их пространственных закономерностей мы использовали дистанционную информацию (рис. 3). Она позволяет оценить основные продукционные характеристики выделяемых контуров растительности, таких как запас фитомассы и ее продукция. Основой для такой оценки служит выявленная связь между термодинамическими переменными, рассчитанными на основе дистанционной информации. В работе [11] показаны отношения между эксергией и запасами фитомассы. В целом форма связи носит логарифмический характер, однако для разных систем действуют различные по форме закономерности. Используя существующие данные по продуктивности растительности парка [18] и полученные карты растительного покрова (рис. 3), можно составить зависимости запасов и продукции фитомассы от истории освоения ландшафта и положения в рельефе. Несмотря на разнообразие актуальных состояний и мелкоконтурность растительности, можно отметить близость их продукционных характеристик.

По запасам фитомассы еловые леса Валдая относятся к высокопродуктивным, они могут накапливать до 400 т/га сухой органической массы (рис. 3), ельники травяные неморальные более продуктивные, чем ельники зеленомошные. Сосняки почти в два раза уступают ельникам по запасам фитомассы (порядка 200 т/га), еще меньше эти показатели для заболоченных лесов (120–140 т/га). Для структуры фитомассы темнохвойных лесов характерна малая доля зеленых ассимилирующих органов (5–8%). Главную роль в формировании зеленой массы играет древесный ярус, доля многолетних одревесневших органов составляет 65–75%, надземная часть превышает подземную более чем в четыре раза. Количество мертвых растительных остатков составляет около 20% запасов живой фитомассы, в том числе запасы подстилки в среднем 20 т/га. Величина годовой продукции составляет 7–15 т/га в год. Доля древесины в структуре продукции – более 50%.

Запасы фитомассы сфагновых болот с сосной составляют 60–80 т/га. В ее структуре на долю зеленых ассимилирующих органов (более половины) представлены сфагновыми мхами приходится до 10%. Годовая продукция колеблется в пределах 3–4 т/га в год. Она формируется в основном за счет прироста зеленых органов (до 50–55%).

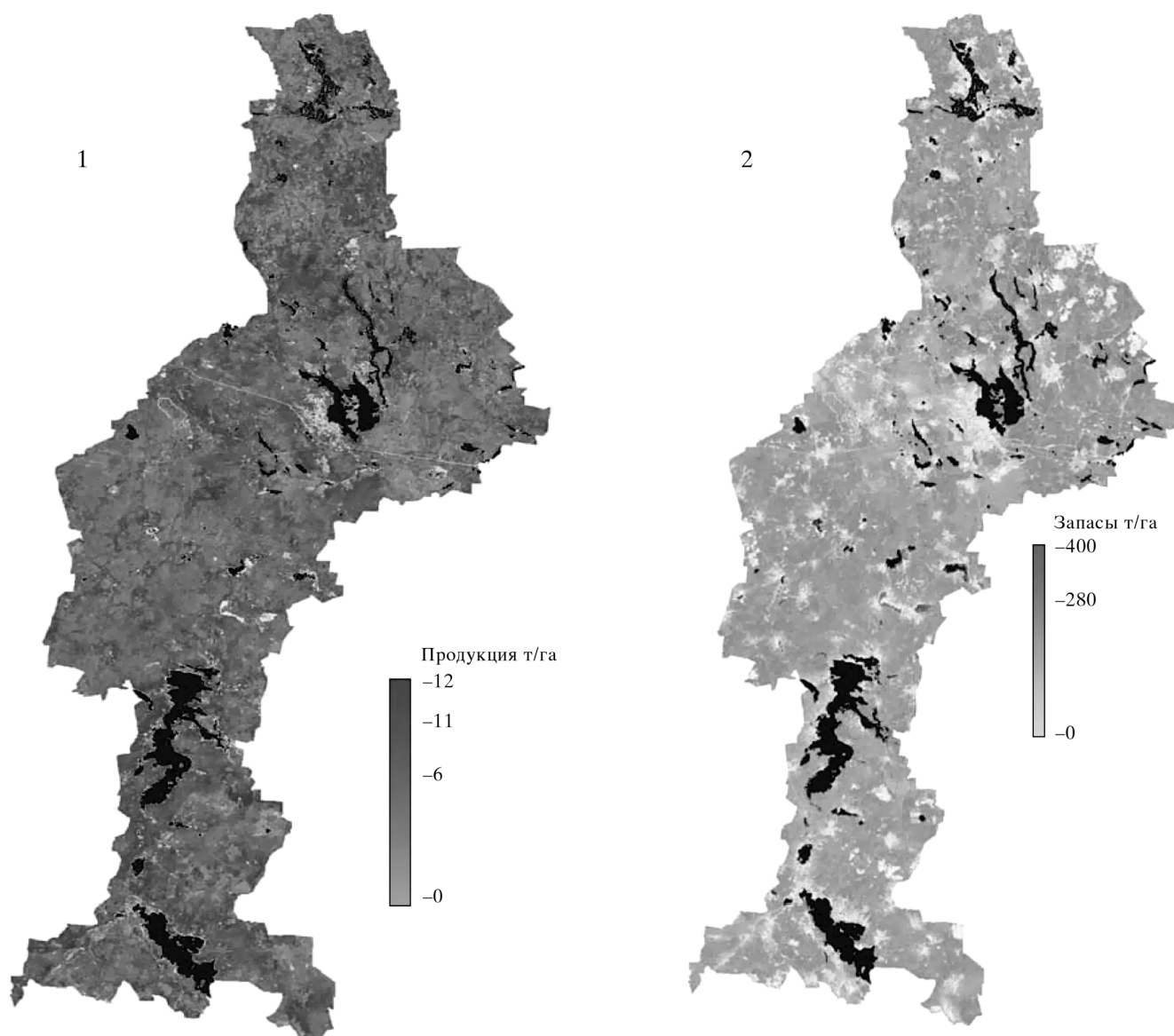


Рис. 3. Влияние фрагментации ландшафта на продукцию (1) и запасы (2) фитомассы современной растительности Валдая.

Запасы фитомассы низинных болот колеблются от 4–9 т/га (травяно-моховые болота) до 120 т/га в черноольшанниках. Величины продукции меняются от 3 т/га в год до 8 т/га в год соответственно. Запасы мортмассы уменьшаются от верховых болот к низинным (от 2500 т/га до 1000 т/га).

Запасы фитомассы материковых луговых сообществ достигают 7–12 т/га. Доля подземных органов в структуре фитомассы около 65%. Запасы мортмассы или меньше или близки к запасам фитомассы. Величина продукции несколько выше запасов фитомассы за счет нескольких сезонных пиков роста зеленой массы и отавы. Для лугов характерно доминирование подземной органической массы над надземной как при оценке запасов, так и продукционного процесса.

Продукция в лесных и в травяных экосистемах близка по величине. В лесных экосистемах в противоположность травяным сообществам наименьшая доля приходится на продукцию подземных органов (около 25%).

Вследствие формирования залежей, зарастания лесом сенокосов и пастбищ пространственная структура продуктивности растительного покрова национального парка Валдайский в период с 1990 по 2014 гг. существенно изменилась. *Во-первых*, выросла лесистость территории, а, следовательно, и суммарные запасы фитомассы, которые значительно разнятся по своим удельным показателям между луговыми и лесными ландшафтами. *Во-вторых*, возросла доля молодняков и жердняков — быстрорастущих и высокопродуктивных

(с продукцией около 15–20 т/га в год) с тенденцией накопления углерода в приросте древесины, что усиливает позиции лесов Валдая в решении проблем глобального потепления (в отличие от спелых и перестойных старовозрастных заповедных лесов, где процессы накопления углерода перекрываются его деструкцией). В-третьих, изменения в ландшафте Валдая за счет сокращения площадей сухолюбивых лугов меняют структуру фитомассы и ее продукции, в которой больше представлена именно древесная фракция (не зеленая масса). Например, давая сходный с лесом уровень надземной продукции, разнотравно-злаковый луг представляет ее исключительно “зеленой” фотосинтетически активной фракцией, имеющей короткий срок деструкции, в то время как в лесу продукция представлена, в основном, древесной фракцией и имеет продолжительные (несколько десятков лет) сроки разрушения.

Выводы. 1. Подтверждены высказанные до начала исследований гипотезы о наследовании “полевой” структуры ландшафта в современном лесном покрове и возможности с помощью геоботанических методов, например, синтаксономии лесной растительности, реконструировать исходную размерность ее контуров. 2. Проведенная для их проверки оценка на космических снимках фрагментации растительности выявила размерность современных контуров растительности, относящейся к ее разным типам – лесной, луговой и болотной (средняя площадь условно гомогенного контура составила 1.9 га – полностью совпадает со средними размерами аграрных контуров, выявляемых при оценке фрагментации агроландшафта вокруг деревень парка). Индекс фрагментированности ландшафта Валдая в границах контуров современного растительного покрова (сосновые, еловые, березовые леса, луга) составляет 0.18–0.24, что показывает не только сходство их генезиса (на месте лесных расчисток и пашни), но и многовековое существование в цикле аграрного использования. 3. Проведенный анализ полевых данных и ДЗЗ позволил не только выявить закономерности актуальной пространственной динамики растительного покрова Валдая в условиях повсеместного восстановления лесов, но и составить представление об устойчивости его антропогенной мозаики. 4. Установлено, что синтаксономический анализ актуальной растительности (проведение классификации растительных сообществ по флористическому принципу) позволяет реконструировать приблизительно границы типологически (а возможно и физиономически) единого контура до аграрного освоения земель.

По предварительным оценкам (см. рис. 1–3) их размеры колеблются в пределах десятков и сотен гектаров, то есть массивы коренных дубовых лесов и, возможно, елово-широколиственных лесов до появления оседлых земледельцев на Валдае занимали полностью однородные элементы мезорельефа и контура однотипных четвертичных отложений. 5. Запасы фитомассы растительных сообществ Валдая колеблются от 12 (луга) до 400 (неморальные ельники) т/га, а продукция – от 3 (верховые болота) до 13–15 (луга, неморальные ельники) т/га в год. 6. Несмотря на разнообразие актуальных состояний и мелкоконтурность элементов растительного покрова, можно отметить близость их продукции. Сравнение запасов фитомассы коренных и вторичных лесов показывает снижение показателей у последних в 1.5–2.0 раза. 7. Заращение лесом залежей, сенокосов и пастбищ меняет пространственную структуру продуктивности растительного покрова национального парка Валдайский. Суммарные запасы фитомассы в последние 20 лет выросли на 5–10%. В то же время, из-за этих процессов ухудшаются (снижаются) рекреационные качества исторически сложившегося на Валдае **древнерусского лесополе-лугового ландшафта**, который был и остается привлекательным для туристов и ценным объектом сохранения природно-культурного наследия [2].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Базилевич Н.И., Гребенщиков О.С., Тишков А.А. Географические закономерности структуры и функционирования экосистем. М.: Наука, 1986. 309 с.
2. Добровольский Г.В., Розенберг Г.С., Чибилев А.А., Рысин Л.П. и др. Еще раз о природном наследии России // Вестник РАН. 2005. Т. 75. № 9. С. 787–792.
3. Жекулин В.С. Историческая география ландшафтов. Новгород, 1972. 228 с.
4. Зайцев В.М. Культурное наследие Валдая. Валдай, 2009. 108 с.
5. 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”: юбил. сб. к 20-летию Валдайского национального парка. Вып. 1. СПб., 2010. С. 254–261.
6. 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.

7. Коротков К.О. Леса Валдая. М.: Наука. 1990. 160 с.
8. Кренке А.Н., Пузаченко Ю.Г. Построение карты ландшафтного покрова на основе дистанционной информации // Экологическое планирование и управление 2008. № 2.
9. Пузаченко Ю.Г., Сандлерский Р.Б., Котлов И.П., Кренке А.Н. Информационное обеспечение разработки "Схем размещения, использования и охраны охотничьих угодий на территории субъекта федерации" // Мат-лы V Межд. конф. "Космическая съемка – на пике высоких технологий" 13–15 апреля 2011 г.
10. Растительность Европейской части СССР. Л.: Наука. 1986. 429 с.
11. Сандлерский Р.Б. Энергетические характеристики южно-таежных биогеоценозов на основе дистанционной информации (юг валдайской возвышенности, Центрально-лесной заповедник). Автореф. дисс. канд. наук. М., 2013. 24 с.
12. Седов В.В. Ранний этап славянского расселения в лесной зоне Восточной Европы // Археология и история Пскова и Псковской земли. Псков, 2000. С. 183–190.
13. Тишков А.А. Оптимизация агроландшафта Валдая. Структура сельскохозяйственных угодий // Изв. РАН. Сер. геогр. 1994. № 3. С. 74–84.
14. Тишков А.А. Охраняемые природные территории и формирование каркаса устойчивости // Оценка качества окружающей среды и экологическое картографирование. М.: Ин-т геогр. РАН, 1995. С. 94–107.
15. Тишков А.А. 1000-летняя история биоты Валдая // Исследования природного и историко-культурного комплексов Национального парка "Валдайский". К 15-летию национального парка "Валдайский". Валдай, 2005. С. 121–125.
16. Тишков А.А. Тысячелетняя история изменения фауны млекопитающих Валдайского поозерья // Вопросы географии. Вып. 136. 2013. С. 385–412.
17. Тишков А.А. Ландшафтная основа происхождения названия Валдай // Изв. РАН. Сер. геогр. № 1. 2014. С. 109–119.
18. Царевская Н.Г., Тишков А.А. Исследования продуктивности природных и полуприродных экосистем национального парка "Валдайский" // Тр. национального парка "Валдайский": юбил. сб. к 20-летию Валдайского национального парка. Вып. 1. СПб., 2010. С. 261–266; 2010. С. 220–241.
19. Ahti T., Hamet-Ahti L., Jalas J. Vegetations zones and their sections in northwestern Europe // Ann. Bot. Fen. 1968. V. 5. № 3. P. 169–211.

Natural and anthropogenic fragmentation of vegetation of Valdai lake area

Ye.A. Belonovskaya, A.N. Krenke, A.A. Tishkov, N.G. Tsarevskaya

Institute of Geography, Russian Academy of Sciences

Several hypotheses of inheritance "field" structure of the landscape in the modern forests of Valdai were confirmed, as well as the opportunity to reconstruct the original dimension of its contours using geobotanical techniques. Evaluation of fragmentation of vegetation carried out using remote data revealed the dimension of the modern contours of different types of vegetation (forest, meadow and marsh). The average area of relatively homogeneous contour was 1.9 ha, coinciding with the average size of agricultural circuits identified in the assessment of agro-landscape fragmentation. Index of fragmentation of the Valdai landscape within the boundaries of the contours of modern vegetation (pine, spruce, birch forests, meadows) is 0.18–0.24, showing not only the similarity of their genesis (in place of forest clearings and fields), but also centuries of existence in the cycle of the agricultural use. The analysis of field data and remote sensing data revealed patterns of actual spatial dynamics of vegetation in conditions of wide-spread reforestation and form an idea of the stability of its anthropogenic mosaic. It was established that the syntaxonomic analysis of vegetation (classification of plant communities on the floristic principle) allows to reconstruct typologically (and, may be, actually) borders of single contour before agricultural land development. According to preliminary estimates, their size range from a few tens to hundreds of hectares, i.e., arrays of indigenous forests until settled farmers in Valdai occupied homogeneous elements of mesorelief and contours of similar Quaternary deposits completely. Comparison of field data and remote sensing data helped to clarify the parameters of phytomass of plant communities in Valdai – from 12 (meadows) to 400 (immortal spruce) t/ha, as well as parameters of production – from 3 (bogs) to 13–15 (meadows, spruce immortal) t/ha per year. Comparison of phytomass of indigenous and secondary forests shows the decline in the latter case by 1.5–2.0 times. Reforestation of grasslands, hayfields and pastures has significantly changed the spatial structure of vegetation productivity in Valdai National Park, the stock of phytomass has grown. At the same time, recreational qualities of historically formed in Valdai ancient Russian forest-field-meadow landscape that is attractive to tourists and valuable object of conservation of natural and cultural heritage are decreasing.