

ФОРМИРОВАНИЕ СТОКА ВОЛГИ

УДК 551.4:556.5(502.4)

ВАЛДАЙСКАЯ ВОЗВЫШЕННОСТЬ КАК КОЛЫБЕЛЬ ВОЛГИ

© 2023 г. А. А. Тишков*

Институт географии РАН, Москва, Россия

**e-mail: tishkov@igras.ru*

Поступила в редакцию 27.04.2023 г.

После доработки 13.06.2023 г.

Принята к публикации 11.07.2023 г.

Обсуждается роль Валдайской возвышенности в целом и Валдайского поозерья в обеспечении полноводности истоков р. Волги и ее современные тренды на фоне климатических изменений. Показано, что водосберегающие и водорегулирующие функции ландшафта возвышенности исходно определяются двумя генеральными свойствами рельефа — его инвариантностью как “каркаса жизни” и его изменчивостью в ходе эволюции под воздействием эндогенных и экзогенных факторов. “Колыбель Волги” применительно к Валдайской возвышенности и конкретно к Балтийско-Каспийскому водоразделу — это совокупность условий, позволяющих формировать сток в верховьях реки. Среди главных из них (определяющих устойчивый сток в среднемноголетнем объеме), выделены: состояние рек, озер и болот; антропогенные воздействия (регуляция стока, вырубка леса и распашка послелесных земель на водосборе, застройка и загрязнение береговой линии и пр.) и в целом территориальная охрана природы (создание заповедных участков в истоках реки). По материалам мониторинга климата и гидрологического режима региона, осуществляемого Валдайским филиалом Государственного гидрологического института, выявлены основные тренды факторов стока Волги в ее верховьях. Показана доля водорегулирующих, водосберегающих и ассимиляционных функций природных вод в общем объеме экосистемных услуг ландшафтов Валдайской возвышенности. Сделан вывод, что современный рост рекреационного воздействия на водосборы истоков Волги может снизить позитивный эффект от функционирования на них особо охраняемых природных территорий. Приоритетными вопросами сохранения “колыбели Волги” должно стать регламентирование рекреационных нагрузок на ландшафты Валдайской возвышенности, реабилитация нарушенных лесных экосистем и мониторинг объемов и качества стока.

Ключевые слова: Валдайская возвышенность, Валдайское поозерье, Новгородская и Тверская области, водораздел, истоки Волги, бассейн, сток реки, водосберегающие и водорегулирующие функции ландшафта, экосистемные услуги, национальный парк Валдайский

DOI: 10.31857/S2587556623060134, **EDN:** BASDRG

ВВЕДЕНИЕ

Еще в XIX в. выдающиеся географы профессор Д.Н. Анучин и генерал-лейтенант А.А. Тилло одними из первых обратили внимание на Валдайскую возвышенность как на Главный водораздел Восточно-Европейской равнины — область истоков рек бассейнов Балтийского, Черного и Каспийского морей, в том числе р. Волги (Анучин, 1897; Озерова и др., 2015; Тилло, 1892). А.А. Тилло составил “Гипсометрическую карту Европейской России” (1 : 2520000), вместе с Д.Н. Анучиным разработал инструкцию для экспедиции по изучения истоков главнейших рек Европейской России (1894 г.), а для словаря Брокгауза и Эфрона — карту бассейнов рек европейской части России, включая бассейн р. Волги (1 : 15300000), которая была опубликована уже после его смерти благодаря стараниям секретаря Императорского Русского географического общества (РГО) Ю.М. Шо-

кальского. В архиве РГО в Санкт-Петербурге до сих пор хранятся неопубликованные материалы экспедиций к истокам рек и рекомендации по их охране.

Насколько в XXI в. актуально возвращаться к проблеме выдающейся гидрологической функции Валдайской возвышенности и сохранения здесь истоков рек разных бассейнов? Ответ лежит в разных плоскостях развития отечественной географии и ее связей с практикой, особенно с проблемами водопользования, регулирования стока и территориальной охраны природы. Во-первых, как никогда, в европейской части России обострилась ситуация с сохранностью именно истоков рек, гибелью малых рек и необходимостью их охраны. И здесь интерес к Главному водоразделу, определяющему во многом состояние поверхностных вод Европейской России, был бы вполне оправдан. Во-вторых, реализация федеральных

проектов “Оздоровление Волги” с бюджетом 119.458 млрд руб. (на 13.09.2022) и “Сохранение уникальных водных объектов” с бюджетом 13.330 млрд руб. (на 13.09.2022) ориентированы в первом случае на Среднюю и Нижнюю Волгу, а во втором — на уникальные водные объекты вне Главного водораздела. И, в-третьих, в отличие от опыта многих стран и некоторых регионов России, водосберегающие, водорегулирующие и обеспечивающие качество воды функции водораздела для регионов “ниже по течению” никак не компенсируются (Петрова, Тишков, 2002). Хотя для этого есть все основания: Водный кодекс Российской Федерации от 03.06.2006 № 74-ФЗ, а также Постановление Правительства Российской Федерации “О ставках платы за пользование водными объектами, находящимися в федеральной собственности...” от 26 декабря 2014 г. № 1509 (с изменениями 24 марта 2022 г.), где для 2023 г. отмечен повышающий коэффициент — 3.22, и плата 226 руб./м³. Так, еще в 1990-х годах ФГУП “Канал им. Москвы” ежегодно забирал из оз. Велье (Новгородская обл., национальный парк Валдайский) по “волжскому пути” до 130 млн м³ воды для обеспечения деятельности Ивановской ГЭС, санитарной очистки русла р. Москвы и на питьевые нужды столицы, за которые не платил, а сам получал от Московского водоканала 27 коп. за 1 м³. Это прямое трансрегиональное изъятие объемов чистой, фактически не требующей доочистки, воды из водоемов федеральной особо охраняемой природной территории (ООПТ). Прецедент получил юридическую оценку¹, но проблема так и не решена ни конкретно для парка, ни в отношении компенсации водосберегающей, водорегулирующей и других гидрологических функций Валдайской возвышенности в целом.

Водосберегающая, водорегулирующая и ассимиляционная в отношении природных вод функции экосистем Валдайской возвышенности на количественном (физическом и монетарном) уровне, несомненно, могут быть оценены и, что называется, “поставлены на баланс” как составляющая часть природного капитала России и ее регионов, на территории которых располагается Главный водораздел — Новгородской, Тверской и Ленинградской областей. Но для федерального и региональных бюджетов сохранение лесных, луговых, болотных и озерных экосистем в истоках рек, в том числе р. Волги, а также содержание ООПТ остается дополнительной нагрузкой (по нашим оценкам — не менее 100–200 руб. на 1 га в год при среднем модуле стока 0.12 л/с/га). Плата за сохранение истоков рек, водорегулирующие и

ассимиляционные функции экосистем верховий позволила бы сполна компенсировать эти затраты.

Выдающуюся роль в изучении гидрологии Валдая сыграл Государственный гидрологический институт (ГГИ). Им в 1933 г. организованы здесь мониторинговые исследования и создана Валдайская воднобалансовая станция (ныне Валдайский филиал ГГИ). Одним из инициаторов ее создания был М.И. Львович — будущий заведующий отделом гидрологии Института географии АН СССР. В 1933 г. научный сотрудник 1-го разряда института И.В. Молчанов опубликовал монографию “Озера и сапропелитовые месторождения Валдайской возвышенности” (Молчанов, 1933), где провел детальный анализ гипсометрии озер Балтийско-Каспийского водораздела Валдайской возвышенности и провел оценку запасов сапропеля. И М.И. Львович, и И.В. Молчанов еще 90 лет назад с разных позиций пытались осмыслить гидрологический феномен Валдайской возвышенности, интуитивно понимая ее выдающуюся роль в определении полноводности стекающих с нее рек. В наши годы наличие в центре возвышенности экспериментальных объектов ВФ ГГИ и ежегодные оценки стока вроде бы “закрывают” этот вопрос. Но получается, что вполне обоснованные выводы об определяющем значении рельефа и его генезиса в формировании стока Волги, сформулированные еще Д.Н. Анучиным и А.А. Тилло (затянувшаяся “озерная” фаза развития, непостоянные уровни озер, значительные уклоны рек и их высокая эродирующая сила, наследование доледникового рельефа и др.), не получили должного развития и только сейчас постепенно начинают подтверждаться [см., например, публикации о речном генезисе оз. Селигер (Konstantinov et al., 2021)].

Институт географии РАН за свою долгую историю неоднократно возвращался к исследованиям Валдайской возвышенности как геоморфологического, гидрологического, лимнологического, почвенного, биogeографического и экономико-географического феномена. В 1960-х годах валдайские озера изучал руководитель лимнологической группы института профессор Л.Л. Россолимо с сотрудниками (Покровская и др., 1983; Россолимо, 1977; Шилькрот, 1979), которые установили детально процессы их эвтрофикации. В эти же годы в районе оз. Селигер активно работали сотрудники отдела физической географии института В.С. Преображенский, Ю.А. Веденин, Н.С. Казанская и др., исследования которых послужили основой для становления рекреационной географии в СССР и России и создания в регионе системы ООПТ (Веденин, 1982; Казанская и др., 1977; Преображенский, 1975). Эстафета исследований оз. Селигер была продолжена в наши дни сотрудниками этого же отдела и лаборатории гидрологии института — Т.М. Кудериной, Г.С. Шилькрот, С.В. Шапорен-

¹ <https://www.sostav.ru/news/2004/06/22/36/> (дата обращения 02.03.2023).

ко и др. Вышла их коллективная монография “Структура и функционирование геосистемы озера Селигер в современных условиях” (Структура ..., 2004), в отдельных публикациях рассмотрена роль озера как второго истока р. Волги (Шاپоренко и др., 2002), обоснованы перспективы мониторинга его состояния в условиях заповедывания и сокращения площади сельскохозяйственных угодий на водосборе.

С начала 1970-х годов здесь стали проводить исследования сотрудники лаборатории биогеографии и отдела физической географии — М.В. Глазов, А.А. Тишков, О.В. Морозова, Н.Г. Царевская, Е.А. Белоновская, Е.А. Шварц, А.Д. Арманд и др. (Белоновская и др., 2014, 2016, 2018, 2019, 2022; Глазов, 2004; Морозова и др., 2010; Тишков, 1979, 1994, 2005 и др.). В последние годы к Валдаю проявляют интерес лаборатории эволюционной географии и палеоархивов природной среды (Новенко, 2016; Konstantinov et al., 2021) и экономгеографы Института географии РАН, которые включили его в проект “Путешествие из Петербурга в Москву: 222 года спустя” (Нефедова, Трейвиш, 2015).

Автор проводит биогеографические исследования на Валдайской возвышенности почти 50 лет, участвовал в обосновании и создании национального парка Валдайский (1990 г.), постоянно привлекается как эксперт для решения проблем территориальной охраны и сохранения водных ресурсов региона. Более 30 лет назад мы определили Валдайскую возвышенность как “ключевой регион устойчивого развития” для европейской части России. Критерием придания ей такого статуса было признание стабилизирующего влияния на природу и хозяйство прилегающих к возвышенности равнин на сотни и тысячи километров вокруг — через сток рек, формирование регионального и местного климата, а ранее — благодаря миграциям биоты из “валдайского рефугиума” лесной флоры (Климанов и др., 2010; Кожаринов, 1994; Орлов и др., 2007). Как минимум с пяти позиций — геоморфологической, гидрологической, палеогеографической, биогеографической и археологической, Валдайская возвышенность претендует на то, чтобы считаться целостным и уникальным географическим феноменом, где генезис геоморфологической системы повлиял на генезис всех элементов местного ландшафта (Геоморфология ..., 1969; Эволюция ..., 2008). Кроме того, оценка экосистемных услуг ее ландшафта (Тишков, 2005; Тишков и др., 2019) показала, что их объем здесь существенно выше, чем на прилегающих территориях, именно за счет водорегулирующих и водосберегающих функций Главного водораздела. В понимании этого личная мотивация пересекается с академической.

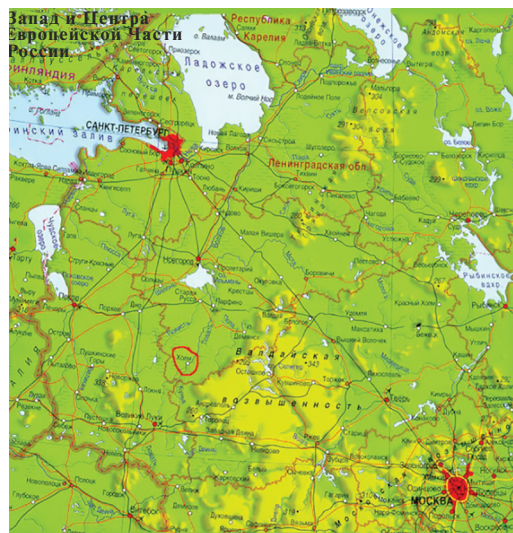


Рис. 1. Валдайская возвышенность.

В настоящем анализе мы акцентируем внимание на выборе Валдайской возвышенности и Валдайского поозерья, в том числе в границах национального парка Валдайский, как объектов исследований состояния истоков Волги (рис. 1). Он эмпирически демонстрирует определяющее значение рельефа как “каркаса жизни”, своеобразной ландшафтной инварианты, а с другой стороны — подтверждают представление о рельефе Главного водораздела как об относительно молодой “эволюционирующей” части ландшафта, необратимо меняющейся в процессе саморазвития и накопления донных отложений и/или под воздействием экзогенных (вслед за изменчивостью природных и антропогенных факторов) процессов, в том числе эрозионных. Только в таком дуалистическом представлении можно понять природу Валдайской возвышенности как области истоков Волги, которые, возможно, менялись по вектору и объемам стока в течение голоцена и сохраняют все перспективы дальнейшей природной и антропогенной изменчивости, прогнозировать которую необходимо. Именно эта феноменология интересна автору.

Настоящая статья посвящена анализу роли Валдайской возвышенности и Валдайского поозерья в формировании стока Волги и оценке водосберегающих и водорегулирующих экосистемных услуг их ландшафтов.

ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ, МЕТОДОЛОГИЯ И МЕТОДЫ АНАЛИЗА И СИНТЕЗА

Понятие “колыбель Волги” применительно к Валдайской возвышенности в данной статье определяется как совокупность условий — палеогеографических, геоморфологических, гидроло-

гических, ландшафтных и биогеографических, позволяющих формировать сток реки непосредственно в самых верховьях до ее выхода на равнину. В статье этот термин в соответствии с представлениями “Словаря русского языка” (1953) трактуется как “*высокое место возникновения, зарождения чего-либо...*” (с. 250). В соответствии с этим методически и методологически правильнее говорить об иерархии масштабов анализа и синтеза — Валдайская возвышенность, поозерье Балтийско-Каспийского водораздела с водоразделами второго порядка и собственно “узкий коридор” водораздела верховьев Волги (Верхневолжского водохранилища, оз. Селигер и до впадения в нее р. Тверцы) между истоками рр. Пола, Западная Двина, Днепр и притоков Мсты.

Верховья Волги в границах Валдайской возвышенности сравнительно трудно очертить, даже используя данные о границе Балтийско-Каспийского водораздела, уровнях валдайских озер и высотах местных наклонных долин. Оценка площади бассейна Волги в разных источниках неоднозначна, поэтому хотелось бы начать анализ с этого факта. По данным Большой Российской энциклопедии², она составляет 1.36 млн км², по данным³ — 1.380 млн км², а по другим источникам⁴, тоже официальным, направленным на регулирование водохозяйственной сферы в бассейне — 1.459 млн км². В большинстве гидрологических изданий фигурирует первое число — 1.36 млн км². Это около 65% Европейской территории России. Волга является еще и крупной речной транспортной системой и соединена с Балтийским морем Волго-Балтийским водным путем, с Белым морем — Северодвинской системой и Беломорско-Балтийским каналом и др.

Непосредственно на Валдайской возвышенности Волга берет начало на высоте 229 м БС у д. Волговерховье Осташковского района Тверской области. В своих истоках река протекает через озера Малое и Большое Верхиты, затем через систему более крупных озер Стерж, Вселуг, Пено и Волго, объединенных в Верхневолжское водохранилище. При площади самой Валдайской возвышенности около 80 тыс. км² доля площади ее “Волжского (Каспийского) склона” в отличие от “Балтийского склона” невелика — 15–20%, хотя за счет того, что большинство водотоков и озер водохранилищ возвышенности соединено между собой (как в Новгородской, так и в Тверской областях), отнесение некоторых из них к тому или иному бассейну условно. Например, оз. Велье из которого вытекает на запад р. Явонь, соединено

каналом с западным притоком оз. Шлино (Вельевский канал), вследствие чего образуется замкнутый водный круг: оз. Ильмень—р. Пола—р. Явонь—оз. Велье—Вельевский канал—оз. Шлино—р. Шлина—р. Цна—р. Мста—оз. Ильмень. Но р. Цна соединена Вышневолоцким каналом с р. Тверцой, принадлежащей бассейну Каспийского моря. Да и на р. Либья, вытекающей из оз. Велье, стоит плотина Мосводоканала, которая напрямую регулирует сток в Верхневолжскую и Москворецкую системы (рис. 2).

Кроме того, площадь бассейна самого Верхневолжского водохранилища (206.5 м БС, а в половодье с вероятностью превышения 0.1% 207.5 м БС), объединяющего систему водотоков и озер истоков Волги — всего 3330 км², оз. Селигер (205 м БС) — 2275 км², оз. Велье (212 м БС) — 292 км², а р. Жукопы, впадающей в Волгу между озерами Пено и Волго, 1340 км². Притоки Волга начинает принимать сразу за бейшлотом: первый из них — р. Селижаровка, которая вытекает из оз. Селигер, затем идут рр. Вазуза и Тверца. С последней начинается уже Вышневолоцкая водная система. Среднегодовой расход воды у Верхневолжского бейшлота — всего 29 м³/с, у Твери — 182, а у Ярославля — уже 1110 м³/с. Наш интерес ограничивается только истоками в границах Валдайской возвышенности.

Искусственному зарегулированию верховьев рек возвышенности (пример оз. Велье, оз. Валдайское, озер Верхневолжского водохранилища и др.) и соединению их каналами (копками) способствовал своеобразный рельеф Валдая. Как отмечали еще первые исследователи (Молчанов, 1933), на Главном водоразделе прослеживается террасовое строение поверхности, которое выявляется на цифровой модели рельефа водораздела и на крупномасштабных картах (рис. 3). Речь идет о 4–5-, 8–11-, 13–14-ти и даже 16–24-метровых террасах, находящихся на береговых склонах озер. Для склонов Валдайских озер они свидетельствуют об этапах их регрессии в голоцене.

В целом на Валдае повышение высот расположения озер идет в меридиональном направлении от Валдайского озера (192 м БС) до группы озер, расположенных к юго-западу до высот около 235 м БС, далее понижается до 191.3 м (оз. Русское), поднимается до оз. Велье (207 м БС) и оз. Пестово (229 м БС). Между оз. Велье и оз. Селигер (205 м БС) расположено оз. Глухое (около 237 м БС) на север от Полновского плеса оз. Селигер (Молчанов, 1933).

По-видимому, абсолютные высоты озер на западе и востоке могут быть соединены в отдельные группы по средним показателям, убывающим с запада на восток на определенную величину, — на западе шаг изменений — 8–10 м, а на востоке — 4–5 м, что говорит о возможном сходстве генезиса

² <https://bigenc.ru/c/volga-9bf6d0> (дата обращения 02.03.2023).

³ <https://matfaq.ru/question/otsenka-rechnoy-sistemy-i-basseyna-reki-volga/> (дата обращения 02.03.2023).

⁴ <http://npncvp.ru/volga/Volga.pdf> (дата обращения 02.03.2023).

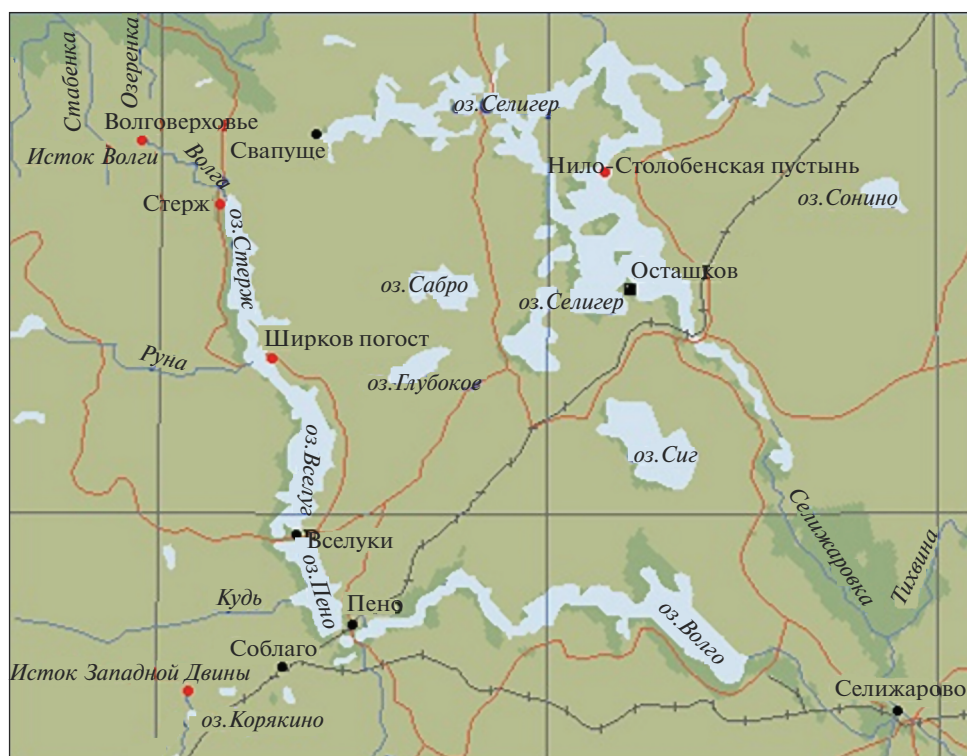


Рис. 2. Истоки Волги.

озер по мере дегляциации и формирования конечно-моренного комплекса Валдая.

В истоках Волги имеется и ряд “сквозных долин” на разных уровнях, например, долина р. Либя, впадающей в оз. Шлино и соединенной в своем верховье каналом с оз. Велье. Севернее и южнее канала расположены наивысшие точки рельефа, составляющие водораздел для ручьев и рек, текущих на восток. Высоты от оз. Шлино растут к югу и становятся частью южного водораздела р. Шлины и притоков речного бассейна верховьев Волги.

Новая методология исследований таких геоморфологических систем, как Валдайская возвышенность, и их ландшафтов определяется нами как “биофизика ландшафта” (Тишков, 2022). Она охватывает весь спектр знаний о средообразующих свойствах биоты и определяемых ею новых “биогенных” качествах ландшафта — тепловых (наведенные биотой “тепловые поля”, трансформация температуры, ее изменчивость в пространстве и пр.), световых (альbedo, освещенность поверхности для развития биоты, различия в светолубии растений и пр.), гидрологических (трансформация осадков, поглощение и удержание воды биотой и почвой, транспирация, интенсивность водообмена и трофность водоемов, капиллярность и др.), энергетических (продуктивность, накопление и эмис-

сия углерода, удельная плотность органического вещества, циклы и скорость оборота углерода, биогенная нагрузка на водоем и др.) и пр. С их проявлением собственно и связана “водотворная” (водосберегающая, водорегулирующая и, отчасти, ассимиляционная) способность ландшафтов Валдая, которую традиционно считают интегральным выражением особенностей местного климата (повышенное количество осадков — до 1000 мм, умеренные характеристики испарения с водной поверхности и почв), конечно-моренного рельефа, четвертичных отложений, почв, лесов, обилия озер и болот.

Эта методология смыкается с поиском инвариантных свойств отдельных компонентов ландшафта (Кренке, 2020; Пузаченко, 1983; Тишков, 1989), на современном этапе развития географических исследований она органично связана с использованием дистанционных методов, мультиспектральной съемки и цифровых моделей рельефа как каркаса для мониторинга изменчивости биотических и биофизических параметров ландшафта (Пузаченко и др., 2002, 2019). С позиций биофизики ландшафта можно ответить и на вопрос о роли собственно рельефа в формировании экосистем аккумулятивного и транзитно-аккумулятивного типа, выполняющих водосберегающую, водорегулирующую и ассимиляционную функции. В своем функционировании они ори-

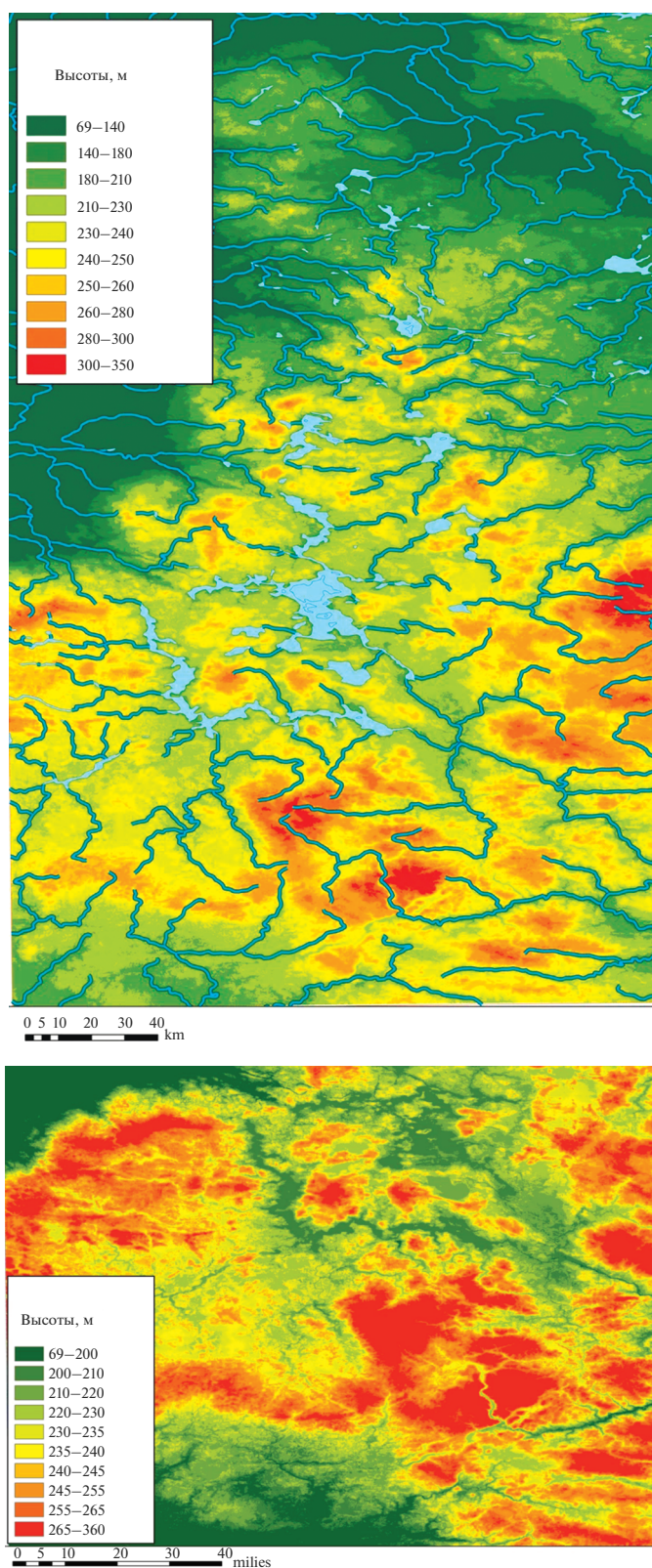


Рис. 3. Цифровая модель Валдайской возвышенности (верх) и истоков Волги (низ). Интервалы высот выделены экспертно автором.

ентированы на накопление “избытков” биогенных вещества и энергии и включения их в литогенез (осадконакопление), а значит и в эволюционные преобразования рельефа.

Выделение в нашем случае уровней представления относительно целостных геоморфологических систем (Валдайская возвышенность, поозерье водораздела, водосбор истоков Волги) важно в методологическом плане для понимания механизмов формирования гидрологических свойств ландшафта, их возможных изменений в процессе его эволюции.

Количественные данные о реках и других водоемах рассматриваемого района исследований получены из некоторых научно-справочных изданий (Валдайские ..., 2021; Малые ..., 1998; Основные ..., 2015⁵), электронного каталога “Озера России”⁶, списка озер национального парка Валдайский (Недогарко и др., 2010). Для оценки объемов экосистемных услуг использованы методы, рекомендуемые Всемирным банком, Институтом мировых ресурсов и другими изданиями (Экономика ..., 2002; Экосистемные ..., 2016; и др.).

УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ СТОКА ВОЛГИ НА ВАЛДАЙСКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ

Иногда ее называют “Валдайское плоскогорье” или “Валдайские горы” (Алаунские горы), границы которых совпадают с областью распространения конечно-моренных отложений Валдайского оледенения.

Она включает Тихвинскую и Мегорскую гряды, Вепсовскую возвышенность и др. На северо-западе граничит с Приильменской, на юго-востоке — с Верхневолжской низменностью, а на юге — со Смоленско-Московской возвышенностью. На юго-востоке возвышенности проходит граница Осташковского оледенения. Коренные породы представлены каменноугольными известняками, мергелями и глинами. Они перекрыты ледниковыми и водно-ледниковыми отложениями. Именно валунные суглинки и супеси, флювиогляциальные пески и глины являются здесь почвообразующими породами. Рельеф моренный, холмисто-грядовый, озерно-холмистый. Характерна относительно высокая заболоченность — до 9–19% территории, повсеместно представлены болотные массивы площадью 15–20 га с мощностью торфа от 1 до 9 м. Практически все болота региона имели “озерный” старт развития. Здесь развит карст,

как глубинный, так и поверхностный (воронки, ложбины, долины, подземные реки и “пульсирующие” озера).

На возвышенности много озер, в том числе крупных — Пено, Вселуг, Волго, Селигер, Велье, Пирос, Боровно, Валдайское и др. Наибольшие высоты — 346.9 м БС, “Макушка Валдая” (холм в верховьях р. Цна), а также горы Ореховая возле оз. Селигер (288 м БС) и Рыжуха (296 м БС).

Интегральными показателями эволюции и функционирования ландшафтов Валдайской возвышенности можно считать два разнонаправленных процесса — сток рек и озер и аккумуляция в них сапропеля, которая меняет не только конфигурацию и профиль водоема (котловины, русла), но и объем стока, а у озер-водохранилищ — полезный и мертвый объемы.

Первый вектор — по данным (Гуревич, 2020; Многолетние ..., 2021), на Валдае рост годовых сумм осадков происходит с 1980 г. За период наблюдений после 1980 г. средняя многолетняя сумма осадков выросла на 114 мм (с 675 до 789 мм). Максимальные значения годовых осадков увеличились с 891 (1953 г.) до 1016 мм (2004 г.). Наибольшее увеличение осадков отмечено в январе — 29 мм, декабре и августе — 23 мм в каждый месяц. В другие сезоны положительный тренд осадков менее значителен. Отрицательные тенденции наблюдаются в апреле и сентябре (материалы ВФ ГГИ).

В соответствии с ростом количества осадков годовой сток на малых реках, формирующих сток верховий Волги и первичной гидрографической сети, также показывает рост, начиная с 1980–1990-х, а в логах (сток в озера) — с 1990-х годов. Возможно, что из-за участвовавших оттепелей зимний минимальный сток на реках Валдая показывает более интенсивное и однородное (зависит от площади водосбора) увеличение, что сказывается на многолетнем снижении максимальных расходов воды за половодье. Многолетняя цикличность водности зимней межени не проявляется. Наблюдается общее повышение зимнего межени стока за весь период наблюдений. Отмечается и выраженная тенденция повышения минимальных 30-дневных расходов воды в зимний период (Лавров, Калужный, 2016).

Выявляются тренды и в отношении уровня грунтовых вод. По наблюдениям в скважине № 12 (Валдай, Таежный лог), уровни воды неравномерно понижались с 1950-х годов к 1969 г. С 1973 г. уровень в скважине повысился в среднем на 50 см (Гуревич, 2020).

В регионе отмечается и рост испарения с водной поверхности (Валдайские ..., 2021; Гуревич, 2020), вызванный ростом температуры воздуха, однако он частично компенсируется ростом облачности и уменьшением потока радиации. Способный влиять на сток рек Валдая рост испарения

⁵ Основные гидрологические характеристики рек бассейна Верхней Волги. Научно-прикладной справочник. Ливны: Издатель Мухаметов Г.В., 2015. <http://www.hydrology.ru/sites/default/files/Books/verhvolga.pdf> (дата обращения 03.02.2023).

⁶ <http://wp.limno.org.ru/win/flake.php> (дата обращения 03.02.2023).

на суше не проявляется из-за высокой теплоемкости местных почв, которая препятствует их нагреванию и тем самым снижает величину испарения. А вот при понижении температуры воздуха, наоборот, высокая теплоемкость почвы повышает величину испарения (Гуревич, 2020; Многолетние ..., 2021).

Помимо опосредованного влияния на зимний сток гидрофизических процессов существенный вклад в величину стока вносят зимние оттепели, количество и продолжительность которых растет с повышением температуры воздуха. Во время оттепелей происходит снеготаяние и водоотдача из снежного покрова, формируется поверхностный сток. Наблюдаются фазовые переходы влаги в мерзлом слое и его оттаивание, пополнение запасов грунтовых вод.

Несмотря на существенную роль оттепелей и увлажнения в формировании зимнего стока в последнее время, их вклад в рост его величины в январе–феврале может составлять до 50% от общего роста среднего зимнего стока за последние десятилетия. Как отмечено выше, в последние десятилетия наблюдается рост осадков в течение всего климатического года. Рост осадков однозначно приводит к росту инфильтрационной составляющей потока влаги как в зимне-весенний, так и летне-осенний периоды. Он приводит и к росту влажности почвы и увеличению испарения.

Второй вектор — осадконакопление в озерах Валдая. Здесь голоценовые отложения глинистого сапропеля (до 30% органики), известковистого сапропеля (до 50% органики), диатомового и диатомово-глинистого сапропеля (более 50% органики) в отдельных озерах достигают существенных мощностей, способных оказывать влияние и на сток, и на прогнозируемую эволюцию озерных систем Валдая (Молчанов, 1933; Валдайские ..., 2021). В целом, интенсивность накопления озерных осадков возвышенности усилилась с момента старта аграрного освоения территории Валдая (Субетто, 2009; Tishkov et al., 2021). В некоторых озерах их мощность может составлять, например, до 12 м (оз. Старосельское) и до 7 м в Усадьевской луке Валдайского озера (Валдайские ..., 2021) и др.

Реки, берущие начало на Валдайской возвышенности (Волга, Западная Двина, Днепр, Ловать, Мста, Пола, Сясь, Молога, Тверца, Полометь и многие другие), через Верхневолжскую, Вышневолоцкую, а затем и Невско-Ладожскую водные системы обеспечивают водой оба столичных мегаполиса России. А если взять совокупно население бассейнов Волги, Днепра и Западной Двины, то можно говорить о почти 50% населения России, которое получает исходно чистую, не требующую глубокой очистки, фактически питьевую воду.

ВАЛДАЙСКОЕ ПООЗЕРЬЕ ВОЛЖСКОГО СКЛОНА ГЛАВНОГО ВОДОРАЗДЕЛА

Если целостность Валдайской возвышенности определяется спецификой конечно-моренного рельефа и его гляциальным генезисом, то в случае с Валдайским поозерьем геоморфологическая система детерминирована и поверхностными водами — озерами и реками, связанными между собой, в том числе за счет тысячелетней практики регулирования уровня воды в озерах и стока рек. Как и все остальные поозерья вдоль “Балтийской дуги” конечно-моренных ландшафтов (Макленбургское, Мазурское, Полесское, Псковское и др.), Валдай имеет сложный генезис. Здесь моренные, конечно-моренные отложения и продукты их флювиогляциальной трансформации перекрывают эродированную дочетвертичную поверхность с глубокими врезами погребенных и местами наследуемых современными реками и ручьями долин. На формирование каркаса, определяющего гидрологические особенности района последнего оледенения, влияние оказывали колебания уровня Привалдайского ледникового озера, часть вод которого при высоких уровнях перетекала на восточный и другие склоны возвышенности и периодически создавала эффект “бифуркации” для водно-ледниковых потоков над котловинами озер, в том числе и современного Валдайского озера (современный уровень 192–193 м БС, бассейн Балтийского моря), начиная с отметок 210 м БС на запад и 215 м БС на северо-запад, т.е. исходно было возможно и его перетекание в истоки Волги и в оз. Ильмень. Постепенное вытаивание моренного льда увеличивало проницаемость этих отложений, создавая в прошлом дренажную сеть, напоминающую карстовую. Стабилизация (выполаживание) происходила под влиянием в качестве базиса эрозии квазистационарных уровней приледниковых озер. Значительные колебания уровня озер Валдая в течение голоцена отмечаются многими авторами (Арсланов и др., 1992; Субетто, 2009). Например, данные диатомового и споро-пыльцевого анализов говорят о падении уровня валдайских озер в бореальный период и первую фазу атлантического периода на 10 м по сравнению с современным (Валдайские ..., 2021; Субетто, 2009; Tishkov et al., 2023), а в субатлантический — на 4 м. Стабилизация уровня озер, сравнительно быстрый переход уровня на новое квазистационарное положение подтверждает ступенчатый характер климатических и геоморфологических процессов в регионе, за исключением, возможно, оз. Селигер, уровень которого постепенно рос в голоцене (Konstantinov et al., 2021).

Котловины многих озер Валдая могут быть отнесены к смешанному аккумулятивно-просадочному типу. В период последнего оледенения озера существовали в виде мертвого льда. Затем, при

потеплении, лед вытаял, оставленный на льду материал был частично вынесен за пределы нынешнего водосбора озер, а частично лег на дно озерных котловин. По-видимому, можно говорить о одновременной и, в целом, поздней расконсервации ледниковых котловин в процессе термокарста. Время образования озер на Валдае растягивается со среднего дриаса [сапропель на дне болота Ольгино в районе оз. Ужин — 14200 ± 430 кал. л. н. (Tishkov et al., 2023), оз. Нарочь — 13110 ± 70 кал. л. н.], до пребореала и бореала [оз. Кривое, торф — 10280 ± 11 кал. л. н. (Валдайские ..., 2021)]. Вода этих озер покрывала и современные котловины валдайских озер. Например, в пределах центральной части национального парка Валдайский сравнительно обширная поверхность на высоте 205–207 м БС (современный уровень оз. Велье) заливалась озерными водами в послеледниковье, а отложения тонких озерных глин (звонцовых глин) встречаются повсеместно и в самих современных котловинах озер, и на суше. В растительном покрове их присутствие индицируется распространением сохранившихся от распашки фрагментов широколиственных лесов. Например, звонцовые глины встречаются у д. Соколово на высоте 198 м. Эти территории и акватории попадают в зону флювиогляциальной и озерно-ледниковой аккумуляции и во многом определяют характер природной, а в связи с избирательным характером аграрного освоения и антропогенной мозаики ландшафта Валдайского поозерья (Белоновская и др., 2016).

Главная особенность ландшафтов поозерья заключается в обилии водных объектов. Например, на территории национального парка Валдайский 257 озер — 164.6 км^2 , или более 10% площади (Валдайские ..., 2021). Их средние размеры лежат в интервале от 0.01 до 43 км^2 . Некоторые из них уже в историческое время исчезли, оказались практически полностью заболоченными, покрылись сплавиной (например, оз. Лебевец). На Балтийском склоне Валдайской возвышенности расположено 220 озер, на Волжском — всего 37 озер с общими площадями 84.4 и 80.2 км^2 соответственно, т.е., различаясь в 6 раз по количеству озер, склоны водораздела почти уравниваются по их суммарной площади. Урезы озер — в интервале высот 149–251 м БС на Балтийском склоне и в интервале 201–232 м БС на Волжском склоне Валдайской возвышенности. Каталог озер национального парка Валдайский представлен в (Недогарко и др., 2010).

Большинство местных рек и озер по своей величине и площади водосбора относятся к категории малых и очень малых. Из-за этого и из-за неустойчивости водного режима озера обладают повышенной чувствительностью к любому антропогенному воздействию (заиливанию за счет смыва с аг-

рарных угодий, зарастанию макрофитами при эвтрофировании, образованию сплавин и пр.).

На Волжском склоне расположена зона активного формирования поверхностного и подземного стока, от количественного и качественного состава которого зависит водность Верхней Волги. 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 эвтрофирование озер и поступление в них твердого стока замедлились в результате прекращения распашки аграрных угодий и использования удобрений при заповедывании значительных территорий поозерья (Валдайские ..., 2021).

Если сама Валдайская возвышенность формировалась в течение нескольких ледниковых стадий, то для современного этапа развития Валдайского поозерья характерно наличие большого числа озер гляциально-ложбинного и гляцио-депресссионного типов. Первые, более глубокие, расположены в древних ложбинах стока, переработанных ледником. Вторые, как правило, мелководные, в пониженных участках рельефа. Они вписываются в холмисто-моренный ледниковый рельеф, в котором 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 БС.

Рельеф поозерья отличается высокой уязвимостью из-за преобладания здесь легко размываемых водно-ледниковых отложений при существенной крутизне склонов (15° – 20°) и обильных атмосферных осадках (свыше 800 мм в год). Именно распространение здесь эрозионных форм рельефа, связанных с относительно древними и современными масштабными рубками лесов [например, лесистость Валдайского района в начале XX в. составляла только 24% (Валдайские ..., 2021)] и прошлой аграрной деятельностью, послужило отправной точкой для высказывания гипотезы о наследовании древней агрогенной фрагментации ландшафта в современном ландшафте (Белоновская и др., 2014, 2022; Тишков, 1994).

Разнообразие форм рельефа и почвообразующих пород предопределили чрезвычайную пестроту и сложность почвенного покрова. Почвы, среди которых преобладают дерново-слабоподзолистые (палевоподзолистые), обогащены минералами (полевые шпаты, слюды, биотит и др.) и имеют остаточную карбонатность. В понижениях между холмами распространены дерново-подзолисто-глеевые почвы. Торфяно-болотные почвы занимают небольшую площадь вследствие хоро-

шей дренированности территории. Под хвойно-широколиственными и широколиственными лесами формировались буро-псевдоподзолистые 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, а также по берегам озер и рек отмечаются полосы намывных почв на переотложенных наносах. Судя по мощности сапропеля в заливах некоторых озер, твердый сток с пашни в отдельные периоды достигал высокой интенсивности — до 0.25 т/га в год и выше, а на голоценовой кривой объемной плотности сапропеля некоторых озер Валдая отмечается ее рост как раз с момента старта аграрного освоения склонов (Арсланов и др., 1992; Недогарко, 2007; Субетто, 2003; Tishkov et al., 2021).

К факторам, определяющим природную мозаику ландшафта, следует отнести экотонный характер его растительности — поозерье находится на границе подзон южной тайги и хвойно-широколиственных лесов. В нем относительно полно представлено многообразие производных лесов, сформировавшихся на месте южной тайги, хвойно-широколиственных и широколиственных лесов восточноевропейского типа. Они занимают до 70–80% территории.

Антропогенные факторы структуры и мозаичности современного ландшафта Валдайского поозерья и стока Волги распространялись и на водную систему — озера и реки. В разные периоды многие из них оказались искусственно зарегулированными. Именно зарегулированность уровня озер, вхождение их в каскадные группировки является характерной особенностью Валдая. Под каскадной группировкой понимается гидрографическая сеть группы озер, расположенных на разных уровнях в пределах водосборного бассейна одного озера, завершающего группировку. Включенные в каскад озера становятся зонами аккумуляции, участвующими в удержании взвешенного минерального и органического материала. Они по своей гидрологической сути — замыкающие водохранилища. Для Валдайского поозерья такая ситуация имеет тысячелетнюю историю. Следы дамб на мелких водотоках, устройство плотин, мельничных прудов, копки, каналы, каналы и пр. встречается повсеместно. Они использовались в разные периоды как транспортные системы, для поддержки лесосплава, навигации, в XX в. для малой энергетики и водоснабжения. Группировка озер-водохранилищ Боровновской ГЭС замыкается плотиной со сбросом воды по деривационной схеме. В эту группировку следует включать озера Островенко и Плотищенко — уровень первого был искусственно понижен устройством канала в оз. Плотищенко. Для его стока расширен канал от р. Шегринки в оз. Боровно. В этой группировке 13 озер. Она замыкается Горнешин-

ской плотиной на р. Боровне и включает 29 озер. Группировка озер бассейна Валдайского озера-водохранилища замыкается бейшлотом в истоке р. Валдайки. В этой группировке 20 озер. Группировка оз. Ельчинского (всего 10 озер) замыкается плотиной в истоке р. Гремячей, на которой до 1960-х годов располагалась Ельчинская ГЭС. Группировка р. Чернушки (впадающей в р. Валдайку) до устья включает 33 озера, в том числе малые озера с наиболее высокими отметками урезом. Группировка оз. Русского состоит из 10 озер верхней части бассейна р. Полометь. Группировка Вельевского водохранилища замыкается плотиной в истоке р. Либья, через которую вода сбрасывается на Волжский склон (всего 25 озер). Наконец, каскад Полновского плеса оз. Селигер (незамкнутый) включает 6 озер. Последние два каскада имеют отношение к истокам Волги.

На пространственном уровне Валдайского поозерья в иерархии рассматриваемых геоморфологических систем можно оценивать и масштабы антропогенной трансформации бассейнов валдайских озер. Общий вывод — практически все площади лесов здесь за последние 2000–2500 тыс. лет претерпели неоднократное уничтожение в рамках подсечно-огневого земледелия и расчисток под пашню, углежжения и заготовок поташа для производства стекла, сплошных рубок и пожаров. Судя по данным спорово-пыльцевого анализа (Климанов и др., 2010; Tishkov et al., 2021, 2023) и датировкам некоторых археологических памятников (Зайцев, 2009; Седов, 2005), расчистки леса в районе Валдайского поозерья имели место ранее массового переселения славян в начале–середине I в. н.э. (железный век). На этом рубеже наметился резкий тренд снижения доли пыльцы ели (*Picea abies*), дуба (*Quercus robur*), орешника (*Corylus ovelana*) и рост участия в составе растительного покрова сосны (*Pinus sylvestris*), злаков, осок и зеленых мхов (в основном, по-видимому, обильно продуцирующих споры, пиропитов — pp. *Funaria*, *Bryum*, *Polytrichum*). 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 вдоль “Балтийской дуги” конечно-моренных ландшафтов от Средней Вислы и Мазурских озер (на севере нынешней Польши) до Валдая (Седов, 2005). К периоду III–IV вв. н.э. (“Римскому климатическому оптимуму”) были приурочены эти переломные для лесной растительности и озер Валдая события, когда начал формироваться лесо-поле-луговой агроландшафт и стартовало накопление агрогенных илов в озерах (Tishkov et al., 2021, 2023).

Последнее отразилось и на системе местной топонимики — в ней преобладают названия, в ос-

нове которых слова “бор” и “гора”, отражающие широкое распространение здесь лесных расчисток. Вторым важным для состояния лесной растительности и характера ее антропогенной мозаики стал период освоения сложившегося в процессе интенсивного подсечно-огневого земледелия агроландшафта новгородскими словенами. Они не только преемственно восприняли уже измененный лесной покров Валдая, но и существенно расширили границы его освоения, внося в естественную мозаику конечно-моренного ландшафта 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. По-видимому, и в более поздние периоды, например в XIV–XV и 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. Так, 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 (Тишков, 1994), а на карте России 1853 г. леса вокруг озер Валдайское и Ужин фактически отсутствуют (Белонская и др., 2014; Недогарко, 2007).

Подсечно-огневой способ расчистки в районе валдайских озер, возникнув более 2000 л. н., сохранялся до 1930-х годов. В районе преобладал селечно-озерный и возвышенно-озерный типы поселений. И в том, и в другом случае приусадебное хозяйство ориентировалось на особенности рельефа и определяемый ими микроклимат: при береговом размещении поселений — на отепляющее влияние озера (исключение раннеосенних заморозков), а при размещении на возвышенных участках — на снижение риска поздневесенних заморозков.

Заканчивая рассмотрение Валдайского поозерья, отметим, что на данном пространственном уровне анализа геоморфологическая детерминированность эволюции ландшафта сменяется гидрологической детерминированностью, которая особо проявляется, когда человек регулирует уровень и сток озер, объединяя их в каскады. Кроме того, именно поозерье определило во многом границы первичного аграрного освоения территории, массового сведения лесов и в итоге — формирование здесь древнерусского лесо-поле-лугового ландшафта. Его существование во многом предопределило следующую — биотическую фазу развития водоемов в истоках Волги за счет при-



Рис. 4. Национальный парк Валдайский как часть водосбора Волги.

озерной локализации поселений, накопления донных отложений, развития макрофитов и в конечном итоге эвтрофирования водоемов.

В заключение раздела отметим возможную роль подземных вод в стоке Верхней Волги. В истоках располагается Надвалдайский водоносный горизонт с такими водовмещающими породами, как тонко-, мелко- и среднезернистые пески с галькой и гравием и суглинки (мощность до 10–12 м, иногда до 20 м в районе Осташкова). Воды в основном безнапорные, вскрываются на глубине до 9 м. Питание горизонта осуществляется за счет инфильтрации атмосферных осадков, реже — вследствие поступления вод из нижележащих горизонтов. Водообильность горизонта около 0.5 л/с/км². Подземный сток в Верхневолжском гидрогеологическом районе формируется именно в пределах Валдайской возвышенности. Пресные воды здесь приурочены к закарстованным известнякам и доломитам девонского и каменноугольного возраста, залегающим близко к поверхности под относительно маломощными четвертичными и верхнемеловыми отложениями. Максимальная величина подземного стока наблюдается в центральных частях Валдайской возвышенности, собственно, в верховьях Волги [модуль подземного стока составляет порядка 2.5–3 л/с/км² (Гуревич, 2020)].

МЕСТО ВОДОСБЕРЕГАЮЩИХ И ВОДОРЕГУЛИРУЮЩИХ УСЛУГ ЛАНДШАФТОВ ИСТОКОВ ВОЛГИ НА ВАЛДАЙСКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ

Наши наблюдения и данные мониторинга ВФ ГГИ показывают, что происходит трансформация стока Верхней Волги под влиянием климатических изменений и хозяйственной деятельности на водосборах. В Тверской и Новгородской областях создана сеть региональных ООПТ, в том числе в истоках Волги. Только в Тверской области функционирует Центральнo-лесной биосферный заповедник и национальный парк “Завидово”, 574 региональных заказников и 417 памятников природы. Государственный природный заказник “Исток реки Волги” организован еще в 1972 г. на площади 7421 га. Часть водосбора верховьев Волги охраняется в национальном парке Валдайский (158 500 га) с охранной зоной 88 409 га (рис. 4), в государственном природном биосферном Центральнo-лесном заповеднике (24 173 га) с охранной зоной 46 061 га и на территории Лечебно-оздоровительной местности и курорта “Селигер” (378 893,1 га).

Интегрально оценить роль Валдайской возвышенности как “колыбели Волги” можно через оценку объемов стока реки (на бейшлоте Верхневолжского водохранилища), а лучше с учетом суммарного эффекта роли Волжского склона возвышенности у Твери (182 м³/с). Но вполне логично было бы такую оценку дать в рамках определения водосберегающей и водорегулирующей роли ландшафтов Валдая в объеме их экосистемных услуг. Тем более что они взаимосвязаны и дополняют друг друга, а некоторые (например, рекреационные услуги) напрямую связаны с водорегулирующими, водосберегающими и ассимиляционными функциями Валдайской возвышенности. При этом нами принимается, что природоохранный и водоохранный статус истоков Волги сохраняется и сохранится в дальнейшем. Особенно важно сохранить леса, озера и болота возвышенности, собственно и обеспечивающие сток рек, в том числе Волги. В табл. 1 приведена денежная оценка экосистемных услуг ландшафтов истоков Волги в соответствии с рекомендациями Европейской экономической комиссии ООН и других изданий (Европейская ..., 2007; Экономика ..., 2002; Экосистемные ..., 2016).

Отметим, что полученные значения монетарной оценки удельных величин экосистемных услуг природного комплекса водосборов истоков Волги — 2275–5050 руб. на 1 га в год и суммарный эффект их существования на Валдайской возвышенности до 1,8–4,0 млрд руб. в год — ниже ожидаемых. Их удельное выражение несколько отличное от тех, что представил в свое время Р. Констанза (Constanza et al., 1997) для бореаль-

ных лесов планеты, ориентируясь на удельные показатели для ООПТ США. Среди последних, например, определяющие объемы дают рекреационные услуги (Йеллоустонский национальный парк посещает не менее 2 млн туристов в год). На Валдайской возвышенности в объеме экосистемных услуг приоритетно доминируют водо- и климаторегулирующие функции, дающие до 1/3 денежной оценки каждая. Прогноз сохранения этих показателей вполне позитивный, несмотря на трансформацию (уменьшение) стока весеннего половодья и паводков в бассейне Верхней Волги в целом в связи с изменениями климата в последние десятилетия (Горбатенко и др., 2021). Очевиден и рост посещаемости ООПТ, который обеспечит увеличение рекреационной ценности ландшафтов и альтернативный вектор их хозяйственного использования и экономического развития региона.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Использованная методология и методы анализа и синтеза материалов, среди которых важное значение имеют материалы мониторинговых наблюдений ВФ ГГИ, позволили на разных пространственных уровнях — от ареала всей возвышенности, полосы Валдайского поозерья вдоль Главного водораздела Балтийского и Каспийского морей к отдельным водосборам и водоемам — проследить условия формирования стока Волги, вклада в него изменчивого климата, эволюционирующего рельефа, системы водоемов с зарегулированным стоком, грунтовых вод и др.

На пространственном уровне Валдайского поозерья (системы водосборов вдоль водораздела) при анализе выявляется, что геоморфологическая детерминированность ранней эволюции ландшафта (когда сток приоритетно определяется рельефом) сменяется гидрологической детерминированностью. Она особо проявляется, когда природа, а затем и человек регулируют и стабилизируют уровень и сток озер и рек, объединяя их между собой. Кроме того, именно благоприятные условия поозерья определили во многом границы первичного аграрного освоения территории, массового сведения лесов и в итоге формирование здесь древнерусского лесо-поле-лугового ландшафта. Существование его с активными склоновыми процессами, интенсификацией смыва почв на склонах во многом предопределило следующую биотическую детерминированность в развитии (эволюции) водоемов в истоках Волги за счет приозерной и приречной локализации поселений, накопления донных отложений, развития макрофитов и в конечном итоге приводит к эвтрофированию водоемов.

Таблица 1. Денежная оценка экосистемных услуг ландшафтов истоков Волги

Экосистемные услуги	Методы оценки	Удельная величина, руб. на 1 га в год
Водотворная (водорегулирующая, водосберегающая)	Удельные показатели стока с 1 га в год [при средней цене за 1000 м ³ в 2023 г. 226 руб.; оценки через снижения потерь стока при обезлесивании и осушке болот (затраты на компенсацию – лесовосстановление и восстановление водного режима на осушенных землях)]; возможные платежи за обеспечение устойчивого стока воды 1 класса “условно чистая” от потребителей ниже по течению	650–1500
Климаторегулирующая, стабилизация состава атмосферы (CO ₂ и др.)	Денежная оценка возможных потерь “урожая на корню” за счет действия климатических факторов (недостаток и избыток тепла и влаги), “недобор” прироста древесины в аномальные по климатическим условиям периоды. Оценка объемов депонирования углерода с учетом возможной стоимости 1 т фиксируемого углерода (от 5 до 55 евро за 1 т): “растущие” леса Валдая на залежах до 1.5–2.0 тС/га в год, болота 0.6 т/га в год ; или через удельную оценочную стоимость поглощения двуокиси углерода управляемыми лесами (ООПТ) – около 2000 руб./га в год	950–2000
Почвозащитная	Расчет затрат на работы по защите склонов от эрозии и рекультивации нарушенных земель и предотвращение риска эрозии (0.1–2.5% от страховой суммы из расчета, что в таковом нуждается 30% территории)	150–3750
Ассимиляционная	Оценка через затраты на ликвидацию последствий загрязнения: создание геохимических “ловушек” на водоемах и водосборах, разбавление загрязненных вод до безопасного уровня и пр.; через определение издержек по достижению экологических нормативов и обеспечению их соблюдения в последующий срок и стоимость промышленной очистки (возможные расчеты и через разницу в цене воды на хозяйственные нужды и питьевой воды, не требующей доочистки)	20–40
Биопродукционная	Оценка через затраты на создание аналогичного уровня продукции (10–16 т/га в год) при стоимости 1 га по нормативам: лесные культуры – 4 тыс. руб. (фактически – 3.5 тыс. руб.), содействие – 340 руб. (фактически – 90 руб.); расчетный период – 60 лет, оптимальная лесистость – 70%	70–100
Биоресурсная	Прямая оценка через стоимость “пространственно распределенных” ресурсов (дров, ягод, грибов, заготовок сена, лекарственных трав, охотничьей фауны, продуктов рыболовства и пр.), изымаемых без последствий для природы	90–150
Сохранение биоразнообразия, в том числе генетического	Оценки через средние показатели удельных затрат на содержание национального парка Валдайский (среднее – 90–100 руб./га в год)	100–200
Оздоровительные	Расчеты через эффект снижения уровня заболеваемости и оплаты по больничным листам тех, кто выбирает отдых в средней полосе (на Валдае); принятый показатель растет по мере роста числа рекреантов на площадь парка (общепринятые нормативы для европейской части России)	5–10
Рекреационные (коммерческое использование)	Оценки с использованием среднего для национальных парков России современного дохода от рекреационной деятельности (Валдайский – в тройке национальных парков по зарабатываемым собственным средствам – около 60% бюджета)	60–120
Гедонические (некоммерческое использование, стоимость существования)	Расчеты через разницу стоимости земли и деревенских домов на территории парка и вне его, “готовность платить” у посетителей за вход, транспортные затраты и пр.	180–200
Итого – средообразующий эффект, экосистемные услуги, руб./га в год		2275–5050

Примечание. Методы оценки в (Европейская ..., 2007; Тишков, 2005; Экономика ..., 2002).

Интегральная оценка эффективности действия факторов, формирующих сток Волги на Валдайской возвышенности, показан через его абсолютные величины, а также через объем водорегулирующих и водосберегающих экосистемных услуг ландшафтов региона. Они составляют до 1/3 услуг в удельном выражении — 650–1500 руб./га в год, т.е. в 10 и более раз выше, чем государство тратит на поддержание и охрану 1 га ООПТ в год. Позитивным моментом стабилизации стока в верховьях Волги стало забрасывание сельскохозяйственных угодий на водосборах, создание здесь развитой сети ООПТ, которые сохраняют “колыбель Волги”, в том числе заказника “Истоки реки Волги”, Лечебно-оздоровительной местности и курорта “Селигер”, Центрально-лесного государственного заповедника и национального парка Валдайский. Однако рост рекреационного воздействия на водосборы истоков Волги может снизить позитивный эффект от функционирования ООПТ и обострить проблему качества воды. В связи с этим одним из приоритетных вопросов сохранения “колыбели Волги” должно стать регламентирование рекреационных нагрузок на ландшафты Валдайской возвышенности и реабилитация нарушенных ими лесных экосистем.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Статья подготовлена в рамках темы государственного задания Института географии РАН № FMGE-2024-0007 (FMGE-2019-0007).

FUNDING

The article was prepared within the framework of the topic of the State Assignment of the Institute of Geography, RAS no. FMGE-2024-0007 (FMGE-2019-0007).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Анучин Д.Н. Верхневолжские озера и верховья Западной Двины. Рекогносцировочные исследования 1894–1895 гг. / Труды Экспедиции по исследованию источников рек Европейской России. М.: Типография тов-ва И. Н. Кушнерев и К^о, 1897. 156 с.
- Арсланов Х.А., Давыдова Н.Н., Недогарко И.В., Субetto Д.А., Хомутович В.И. Развитие малых озер Валдайской возвышенности в период голоцена // История озер восточно-европейской равнины. СПб.: Наука, 1992. С. 79–93.
- 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., Тишков А.А., Царевская Н.Г. Разнообразие сообществ макрофитов национального парка “Валдайский” (Новгородская область) и проблемы охраны // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. 2018. Т. 26. № 4. С. 173–183.
- Белоновская Е.А., Виноградова В.В., Пономарев М.А., Тишков А.А., Царевская Н.Г. Оценка рекреационного потенциала национального парка “Валдайский” // Изв. РАН. Сер. геогр. 2019. № 4. С. 97–111.
- Белоновская Е.А., Кренке А.Н., Тишков А.А., Царевская Н.Г., Хмельщикова И.Г. Фрагментация и разнообразие лесов национального парка “Валдайский” // Лесоведение. 2022. № 6. С. 658–673.
- Валдайские озера (Обзор результатов наблюдений за 1946–2018 гг.) / под ред. И.В. Недогарко. СПб.: РИАЛ, 2021. 242 с.
- Веденин Ю.А. Динамика территориальных рекреационных систем. М.: Наука, 1982. 190 с.
- Геоморфология и четвертичные отложения северо-запада СССР (Ленинградская, Псковская и Новгородская области). Л.: Наука. Ленингр. отд., 1969. 256 с.
- Глазов М.В. Роль животных в экосистемах еловых лесов. М.: Пасьева, 2004. 239 с.
- Горбаренко А.В., Варенцова Н.А., Киреева М.Б. Трансформация стока весеннего половодья и паводков в бассейне Верхней Волги под влиянием климатических изменений // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2021. № 4. С. 6–28.
- Гуревич А.В. Анализ и оценка многолетних изменений основных гидрометеорологических характеристик на Валдае // Гидросфера: опасные процессы и явления. 2020. Вып. 3. № 1. С. 87–104.
- Европейская экономическая комиссия ООН. Рекомендации, касающиеся платы за услуги экосистем в контексте комплексного управления водными ресурсами. Нью-Йорк, Женева: ООН, 2007. 65 с.
- Зайцев В.М. Валдай. У истоков великих рек. СПб.: ИПЦ СПГУТД, 2009. 148 с.
- Казанская Н.С., Ланина В.В., Марфенин Н.Н. Рекреационные леса. М.: Изд-во Лесная промышленность, 1977. 96 с.
- Климанов В.А., Кожаринов А.В., Тишков А.А. Палеоэкологические реконструкции динамики растительности и климата Валдайского поозерья в позднеледниковье в голоцене // Тр. нац. парка “Валдайский”. 2010. Вып. 1. С. 254–261.
- Кожаринов А.В. Динамика растительности Восточной Европы в позднем ледниковье — голоцене: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. М.: Институт проблем экологии и эволюции РАН, 1994. 60 с.
- Кренке А.Н. Выявление инвариантных состояний агроландшафтов на основе иерархического факторного анализа дистанционной информации // Принципы экологии. 2020. № 3. С. 16–27.
- Лавров С.А., Калужный И.Л. Влияние климатических изменений на сток весеннего половодья и факторы его формирования в бассейне Волги // Водное хозяйство России. 2016. № 6. С. 42–60.

- Малые реки волжского бассейна / под ред. Н.И. Алексеевского. М.: Географический ф-тет МГУ, 1998. 234 с.
- Многолетние изменения элементов водного баланса на воднобалансовых и болотных станциях. СПб.: ООО "РИАЛ", 2021. 202 с.
- Молчанов И.В. Озера и сапропелитовые месторождения Валдайской возвышенности // Тр. Геоморф. ин-та. 1933. Вып. 6. С. 27–45.
- Морозова О.В., Белоновская Е.А., Царевская Н.Г. Сосудистые растения национального парка Валдайский (Аннотированный список видов). М.: Изд. Комиссии РАН по сохранению биологического разнообразия, 2010. Вып. 7. 95 с.
- Недогарко И.В., Кузнецова Ю.Н., Решетников Ф.Ю. Донные отложения озер как индикатор динамических факторов // Метеорология и гидрология. 2005. № 11. С. 86–94.
- Недогарко И.В. Валдайское озеро: Научно-популярное изд. // Тверь: Твер. гос. ун-т, 2007. 52 с.
- Недогарко И.В., Кузнецова Ю.Н., Решетников Ф.Ю. Формирование системы мониторинга озер национального парка "Валдайский" / Тр. национально-го парка "Валдайский". 2010. Вып. 1. С. 114–131, 405–412.
- Нефедова Т.Г., Трейвиш А.И. Путешествие из Петербурга в Москву: 222 года спустя. Кн. 1. Два столетия Российской истории между Москвой и Санкт-Петербургом. М.: Ленанд, 2015. 240 с.
- Новенко Е.Ю. Изменения растительности и климата Центральной и Восточной Европы в позднем плейстоцене и голоцене в межледниковые и переходные этапы климатических макроциклов. М.: ГЕОС, 2016. 227 с.
- Ожегов С.И. Словарь русского языка. М.: Гос-изд-во иностр. и нац. словарей, 1953. 848 с.
- Озерова Н.А., Снытко В.А., Широкова В.А. Экспедиция для исследования истоков главных рек Европейской России (1894–1902) // Изв. РАН. Сер. геогр. 2015. № 4. С. 113–128.
<https://doi.org/10.15356/0373-2444-2015-4-113-128>
- Орлов В.Н., Козловский А.И., Балакирев А.Е., Борисов Ю.М. Эндемизм хромосомных рас обыкновенной буро-зубки *Sorex araneus* L. (Insectivora, Mammalia) и возможность сохранения рефугиумов в области покровного оледенения поздневалдайской эпохи // ДАН. 2007 Т. 416. № 6. С. 841–844.
- Петрова Т.Э., Тишков А.А. Экосистемный подход к сохранению биоразнообразия на региональном и локальном уровнях // Переход к устойчивому развитию: глобальный, региональный и локальный уровни. Зарубежный опыт и проблемы России. М.: Изд-во КМК, 2002. С. 267–286.
- Покровская Т.Н., Миронова Н.Я., Шилькрот Г.С. Макрофитные озера и их эвтрофирование. М.: Наука, 1983. 153 с.
- Преображенский В.С. Теоретические основы рекреационной географии. М.: Наука, 1975. 223 с.
- Принципы и методы экономической оценки земель и живой природы. Аналитический справочник / под ред. О.А. Нестеровой и А.А. Тишкова. М.: Проект ГЭФ "Сохранение биоразнообразия", Институт экономики природопользования, 2002. 96 с.
- Пузаченко Ю.Г. Инвариантность геосистем и их компонентов // Устойчивость геосистем. М.: Наука, 1983. С. 32–41.
- Пузаченко Ю.Г., Онуфреня И.А., Алещенко Г.М. Спектральный анализ иерархической организации рельефа // Изв. РАН. Сер. геогр. 2002. № 4. С. 29–38.
- Пузаченко Ю.Г., Байбар А.С., Варлагин А.В., Кренке А.Н., Сандлерский Р.Б. Тепловое поле южно-таежного ландшафта Русской равнины // Изв. РАН. Сер. геогр. 2019. № 2. С. 51–68.
- Россолимо Л.Л. Изменение лимнических экосистем под воздействием антропогенного фактора. М.: Наука, 1977. 144 с.
- Седов В.В. Избранное. Славяне. Древнерусская народность. М., 2005. 670 с.
- Структура и функционирование геосистемы озера Селигер в современных условиях / отв. ред. В.П. Беляков, С.И. Шапоренко. М.: РАН, Ин-т озероведения, Ин-т географии, Ин-т океанологии им. П. П. Ширшова, Ин-т геоэкологии, 2004. 552 с.
- Субетто Д.А. Озерный седиментогенез севера Европейской части России в позднем плейстоцене и голоцене: дисс. ... д-ра геогр. наук. СПб.: Институт озероведения РАН, 2003. 378 с.
- Субетто Д.А. Донные отложения озер: Палеолимнологические реконструкции. СПб.: Изд-во РГПУ им. А.И. Герцена, 2009. 339 с.
- Тилло А.А. Свод нивелировок рек, их падение, и каталог абсолютных высот уровней вод Европейской России // Журн. Мин-ва путей сообщения, апрель–май. Приложение. СПб., 1892. Вып. 6. 131 с. (Материалы по гипсометрии Российской Империи).
- 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. Фитогенные механизмы устойчивости наземных геосистем // Факторы и механизмы устойчивости геосистем. М.: Наука, 1989. С. 93–103.
- Тишков А.А. Оптимизация агроландшафта Валдая. Структура сельскохозяйственных угодий // Изв. РАН. Сер. геогр. 1994. № 3. С. 74–84.
- Тишков А.А. Биосферные функции природных экосистем России. М.: Наука, 2005. 309 с.
- Тишков А.А., Белоновская Е.А., Царевская Н.Г. Озера-водохранилища национального парка Валдайский и их вклад в экологическое состояние Верхне-Волжской и Невско-Ладужской водных систем / Водохранилища Российской Федерации: современные экологические проблемы, состояние, управление: сб. материалов Всерос. научно-практ. конф. (Сочи, 23–29 сентября 2019 г.). Новочеркасск: Лик, 2019. С. 8–15.
- Шапоренко С.И., Шилькрот Г.С., Тихомирова А.В., Леонов А.В. Озеро Селигер – второй исток Волги // Природа. 2002. № 6. С. 41–48.
- Шилькрот Г.С. Типологические изменения режима озер в условиях культурных ландшафтов. М.: Наука, 1979. 168 с.
- Эволюция экосистем Европы при переходе от плейстоцена к голоцену (24–8 тыс. л. н.) / отв. ред.

- А.К. Маркова, Т. ван Кольфсхоттен. М.: Тов-во науч. изд. КМК, 2008. 556 с.
- Экономика сохранения биоразнообразия: Справочник / под ред. А.А. Тишкова / сост. С.Н. Бобылев и др. М.: Проект ГЭФ "Сохранение биоразнообразия", Институт экономики природопользования, 2002. 604 с.
- Экосистемные услуги России. Прототип национального доклада Т. 1 Услуги наземных экосистем / ред.-сост. Е.Н. Букварёва, Д.Г. Замолотчиков. М.: Изд-во Центра охраны дикой природы, 2016. 148 с.
- Costanza R., d'Arge R., de Groot R., Farberk S., Grasso M., Han-non B., Limburg K., Naeem S., O'Neill R., Paruelo J., Raskin R.G., Paul Suttonk P., Belt M. The value of the world's ecosystem services and natural capital // *Nature*. 1997. Vol. 387. P. 253–260.
- Konstantinov E.A., Panin A.V., Karpukhina N.V., Bricheva S.S., Borisova O.K., Naryshkina N.N., Gurinov A.L., Zakharov A.L. The Riverine Past of Lake Seliger // *Water Res.* 2021. Vol. 48. № 5. P. 635–645.
- 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. № 2. P. 686–692.
- Tishkov A.A., Gracheva R.G., Konstantinov E.A., Samus A.V. The Key Section of the Valdai Peat Bog as a Source of Paleoeological and Paleoclimatic Information // *Doklady Earth Sciences*. 2023. Vol. 509. № 1. P. 345–352.

Valdai Hills as the Cradle of the Volga River

A. A. Tishkov*

Institute of Geography, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

*e-mail: tishkov@igras.ru

The role of the Valdai Hills and the Valdai Lake area in ensuring the fullness of the sources of the Volga River and its current trends against the background of climate change is presented. It is shown that the "water-making functions" of the upland landscape are initially determined by two general properties of the relief: its invariance as a "framework of life" and its changeable evolution under the influence of endogenous and exogenous factors. The "Cradle of the Volga" in relation to the Valdai Hills and specifically the Baltic-Caspian watershed is a set of conditions that allow the formation of runoff in the upper reaches of the river. Among the main ones that determine the conservation of runoff in the average annual volume are the state of rivers, lakes, and swamps, the minimization of anthropogenic impacts (regulation of runoff, plowing, catchment, deforestation, development and pollution of the coastline, etc.), and, in general, nature protected areas (creation of them at the source of the river). Based on the materials from the monitoring of the climate and hydrological regime of the region carried out by the Valdai branch of the State Hydrological Institute (Valdai), the main trends of the Volga River runoff factors in the upper reaches have been identified. The share of water-regulating, water-saving, and assimilation functions in the total volume of ecosystem services in the landscapes of the Valdai Hills is shown. It is concluded that the modern growth of recreational impact on the catchments of the sources of the Volga River can reduce the positive effect of the functioning of nature protected areas on them. The priority issues in preserving the "cradle of the Volga" should be the regulation of recreational loads on the landscapes of the Valdai Hills, rehabilitation of disturbed forest ecosystems, and monitoring of the volume and quality of runoff.

Keywords: Valdai Hills, Valdai Lake area, Novgorod and Tver oblasts, watershed, sources of the Volga River, basin, river runoff, water-saving and water-regulating functions of the landscape, Valdai National Park

REFERENCES

- Anuchin D.N. *Verkhnevolzhskie ozera i verkhov'ya Zapadnoi Dviny. Rekognostsirovochnye issledovaniya 1894–1895 gg. (Trudy Ekspeditsii po issledovaniyu istochnikov rek Evropeiskoi Rossii)* [Upper Volga Lakes and Upper Reaches of the Western Dvina. Reconnaissance Research 1894–1895 (Proceedings of the Expedition for the Study of the Sources of the Rivers of European Russia)]. Moscow: Typolitogr. Tovar. I.N. Kushnerev i K^o, 1897. 156 p.
- Arslanov Kh.A., Davydova N.N., Nedogarko I.V., Subetto D.A., Khomutovich V.I. Development of small lakes of the Valdai Upland during the Holocene. In *Istoriya ozer Vostochno-Evropeiskoi ravniny* [History of Lakes of the East European Plain]. St. Petersburg: Nauka Publ., 1992, pp. 79–93. (In Russ.).
- Belonovskaya E.A., Krenke A.N., Tishkov A.A., Tsarevskaya N.G., Khmelshchikova I.G. Fragmentation and diversity of forests of the Valdai National Park. *Lesoved.*, 2022, no. 6, pp. 658–673. (In Russ.).
- Belonovskaya E.A., Krenke A.N., Tishkov A.A., Tsarevskaya N.G. Natural and anthropogenic fragmentation of the vegetation cover of the Valdai Lake area. *Izv. Akad. Nauk, Ser. Geogr.*, 2014, no. 5, pp. 67–82. (In Russ.). <https://doi.org/10.15356/0373-2444-2014-5-67-82>
- Belonovskaya E.A., Tishkov A.A., Tsarevskaya N.G. Diversity of macrophyte communities of the Valdai National Park (Novgorod oblast) and problems of its conservation. *Samara Luka Probl. Reg. Glob. Ekol.*, 2018, vol. 26, no. 4, pp. 173–183. (In Russ.).
- Belonovskaya E.A., Tishkov A.A., Tsarevskaya N.G. Meadows in the system of conservation the traditional

- agricultural landscape of the Valdai National Park (Novgorod oblast). *Probl. Reg. Ekol.*, 2016, no. 4, pp. 112–122. (In Russ.).
- Belonovskaya E.A., Vinogradova V.V., Ponomarev M.A., Tishkov A.A., Tsarevskaya N.G. Assessment of the recreational potential of the Valdai National Park. *Izv. Akad. Nauk, Ser. Geogr.*, 2019, no. 4, pp. 97–111. (In Russ.).
- Costanza R., d'Arge R., de Groot R., Farberk S., Grasso M., Hannon B., Limburg K., Naeem S., O'Neill R., Paruelo J., Raskin R.G., Suttonk P.P., Belt M. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 1997, vol. 387, pp. 253–260.
- Ekonomika sokhraneniya bioraznobraziya. Spravochnik* [The Economics of Biodiversity Conservation. Guide]. Tishkov A.A., Ed. Moscow: Inst. Ekonom. Prirodopol. Publ., 2002. 604 p.
- Ekosistemnye uslugi Rossii. Prototip natsional'nogo doklada T. 1. Uslugi nazemnykh ekosistem* [Ecosystem Services of Russia. Prototype of the National Report. Vol. 1. Services of Terrestrial Ecosystems]. Bukhareva E.N., Zamolodchikov D.G., Eds. Moscow: Tsentr Okhrany Dikoi Prirody Publ., 2016. 148 p.
- Evolutsiya ekosistem Evropy pri perekhode ot pleistotsena k golotsenu (24–8 tys. l. n.)* [Evolution of Ecosystems in Europe During the Transition from the Pleistocene to the Holocene (24–8 Thousand Years Ago)]. Markov A.K., van Kolfschoten T., Eds. Moscow: Tovar. Nauch. Izd. KMK, 2008. 556 p.
- Geomorfologiya i chetvertichnye otlozheniya severo-zapada SSSR (Leningradskaya, Pskovskaya i Novgorodskaya oblasti)* [Geomorphology and Quaternary Deposits of the North-West of the USSR (Leningrad, Pskov and Novgorod oblast)]. Leningrad: Nauka Publ., 1969. 256 p.
- Glazov M.V. *Rol' zhivotnykh v ekosistemakh elovykh lesov* [The Role of Animals in the Ecosystems of Spruce Forests]. Moscow: Pasva Publ., 2004. 239 p.
- Gorbarenko A.V., Varentsova N.A., Kireeva M.B. Transformation of spring flood and flood runoff in the Upper Volga basin under the influence of climatic changes. *Vodn. Khoz. Ross. Probl. Tekhnol. Upravl.*, 202, no. 4, pp. 6–28. (In Russ.).
- Gurevich A.V. Analysis and evaluation of long-term changes in the main hydrometeorological characteristics on Valdai. *Gidrosf. Opasn. Prot. Yavlen.*, 2020, vol. 3, no. 1, pp. 87–104. (In Russ.).
- Kazanskaya N.S., Lanina V.V., Marfenin N.N. *Rekreazionnye lesa* [Recreational Forests]. Moscow: Lesn. Promysh. Publ., 1977. 96 p.
- Klimanov V.A., Kozharinov A.V., Tishkov A.A. Paleogeological reconstructions of vegetation dynamics and climate of the Valdai Lake area in the Late Glacial period in the Holocene. *Tr. Nats. Par. Valdaiskii*, 2010, no. 1, pp. 254–261. (In Russ.).
- Konstantinov E.A., Panin A.V., Karpukhina N.V., Bricheva S.S., Borisova O.K., Naryshkina N.N., Gurinov A.L., Zakharov A.L. The Riverine Past of Lake Seliger. *Water Resour.*, 2021, vol. 48, no. 5, pp. 635–645. <https://doi.org/10.1134/S0097807821050110>
- Kozharinov A.V. Vegetation dynamics of Eastern Europe in the Late Glacial – Holocene. *Extended Abstract of Doct. Sci. (Biol.) Dissertation*. Moscow: Institute of Ecology and Evolution Problems RAS, 1994. 60 p.
- Krenke A.N. Identification of invariant states of agricultural landscapes based on hierarchical factor analysis of remote information. *Prints. Ekol.*, 2020, no. 3, pp. 16–27. (In Russ.).
- Lavrov S.A., Kalyuzhny I.L. Influence of climatic changes on the spring flood runoff and factors of its formation in the Volga basin. *Vodn. Khoz. Ross.*, 2016, no. 6, pp. 42–60. (In Russ.).
- Malye reki basseina Volgi* [Small Rivers of the Volga Basin]. Alekseevsky N.I., Ed. Moscow: MSU Publ., 1998. 234 p.
- Mnogoletnie izmeneniya elementov vodnogo balansa na vodnobalansovykh i bolotnykh stantsiyakh* [Long-Term Changes in Water Balance Elements at Water Balance and Swamp Stations]. St. Petersburg: REAL LLC Publ., 2021. 202 p.
- Molchanov I.V. Lakes and sapropelite deposits of the Valdai upland. *Tr. Geomorf. Inst.*, 1933, vol. 6, pp. 27–45. (In Russ.).
- Morozova O.V., Belonovskaya E.A., Tsarevskaya N.G. *Sosudistye rasteniya natsional'nogo parka Valdaiskii (Annotirovannyi spisok vidov)*. Vyp. 7 [Vascular Plants of the Valdai National Park (Annotated List of Species). Vol. 7]. Moscow: Izd. Komis. RAN po sokhr. biol. raznobraziya, 2010. 95 p.
- Nedogarko I.V. *Valdaiskoe ozero: Nauchno-populyarnoe izdanie* [Valdai Lake: Popular Science Edition]. Tver: Tver. Gos. Univ. Publ., 2007. 52 p.
- Nedogarko I.V., Kuznetsova Yu.N., Reshetnikov F.Yu. Bottom sediments of lakes as an indicator of dynamic factors. *Meteor. Hydrol.*, 2005, no. 11, pp. 86–94. (In Russ.).
- Nedogarko I.V., Kuznetsova Yu.N., Reshetnikov F.Yu. Formation of a monitoring system for lakes of the Valdai National Park. *Tr. Nats. Par. Valdaiskii*, 2010, no. 1, pp. 114–131. (In Russ.).
- Nefedova T.G., Treivish A.I. *Puteshestvie iz Peterburga v Moskvu: 222 goda spustya. Kn. 1. Dva stoletiya Rossiiskoi istorii mezhdu Moskvoy i Sankt-Peterburgom* [Journey from St. Petersburg to Moscow: 222 Years Later. Book 1. Two Centuries of Russian History between Moscow and St. Petersburg]. Moscow: Lenand Publ., 2015. 240 p.
- Novenko E.Y. *Izmeneniya rastitel'nosti i klimata Tsentral'noi i Vostochnoi Evropy v pozdnem Pleistotsene i Golotsene v mezhlednikov'e i perekhodnye etapy klimaticheskikh makrotsiklov* [Vegetation and Climate Changes in Central and Eastern Europe in the Late Pleistocene and Holocene in the Interglacial and Transitional Stages of Climatic Macrocycles]. Moscow: GEOS Publ., 2016. 227 p.
- Orlov V.N., Kozlovskii A.I., Balakirev A.E., Borisov Yu.M. Endemic chromosome races of the common shrew *Sorex araneus* L. (Insectivora, Mammalia) and the possible preservation of refugia in the Late Valdai glaciation area. *Dokl. Biol. Sci.*, 2007, vol. 416, pp. 396–399. <https://doi.org/10.1134/S0012496607050225>
- Ozerova N.A., Snytko V.A., Shirokova V.A. Expedition to study the sources of the main rivers of European Russia (1894–1902). *Izv. Akad. Nauk, Ser. Geogr.*, 2015, no. 4, pp. 113–128. (In Russ.). <https://doi.org/10.15356/0373-2444-2015-4-113-128>

- Ozhegov S.I. *Slovar' russkogo yazyka* [Dictionary of the Russian Language]. Moscow: Gos. Izd-vo Inostrannykh Yazykov i Natsional'nykh Slovari, 1953. 848 p.
- Petrova T.E., Tishkov A.A. Ecosystem approach to biodiversity conservation at regional and local levels. In *Perekhod k ustoichivomu razvitiyu: global'nyi, regional'nyi i lokal'nyi urovni. Zarubezhnyi opyt i problemy Rossii* [Transition to Sustainable Development: Global, Regional, and Local Levels. Foreign Experience and Problems of Russia]. Moscow: Tovar. Izd. KMK, 2002, pp. 267–286. (In Russ.).
- Pokrovskaya T.N., Mironova N.Ya., Shilkrot G.S. *Makrofitnye ozera i ikh evtrofirovaniye* [Macrophite Lakes and Its Eutrophication]. Moscow: Nauka Publ., 1983. 153 p.
- Preobrazhenskii V.S. *Teoreticheskie osnovy rekreatsionnoi geografii* [Theoretical Foundations of Recreational Geography]. Moscow: Nauka Publ., 1975. 223 p.
- Printsipy i metody ekonomicheskoi otsenki zemel' i zhivoy prirody. Analiticheskii spravochnik* [Principles and Methods of Economic Assessment of Land and Wildlife. Analytical Reference Book]. Nesterova O.A., Tishkov A.A., Eds. Moscow: Inst. Ekon. Prirodopol., 2002. 96 p.
- Puzachenko Yu.G. Invariance of geosystems and their components. In *Ustoichivost' geosystem* [Stability of Geosystems]. Moscow: Nauka Publ., 1983, pp. 32–41. (In Russ.).
- Puzachenko Yu.G., Baibar A.S., Varlagin A.V., Krenke A.N., Sandler R.B. Thermal field of the South taiga landscape of the Russian plain. *Izv. Akad. Nauk, Ser. Geogr.*, 2019, no. 2, pp. 51–68. (In Russ.).
- Puzachenko Yu.G., Onufrenya I.A., Aleshchenko G.M. Spectral analysis of the hierarchical organization of relief. *Izv. Akad. Nauk, Ser. Geogr.*, 2002, no. 4, pp. 29–38. (In Russ.).
- Rossolimo L.L. *Izmeneniya limnicheskikh ekosistem pod vliyaniem antropogennogo faktora* [Change of Limnic Ecosystems Under the Influence of Anthropogenic Factor]. Moscow: Nauka Publ., 1977. 144 p.
- Sedov V.V. *Izbrannoe. Slavyane. Drevnerusskaya narodnost'* [Selected Writings. Slavs. Old Russian Nationality]. Moscow, 2005. 670 p.
- Shaporenko S.I., Shilkrot G.S., Tikhomirova A.V., Leonov A.V. Lake Seliger – the second source of the Volga. *Priroda*, 2002, no. 6, pp. 41–48. (In Russ.).
- Shilkrot G.S. *Tipologicheskie izmeneniya rezhimov ozer v usloviyakh kul'turnykh landshaftov* [Typological Changes in the Regime of Lakes in the Conditions of Cultural Landscapes]. Moscow: Nauka Publ., 1979. 168 p.
- Struktura i funktsionirovaniye geosistemy ozera Seliger v sovremennykh usloviyakh* [The Structure and Functioning of the Geosystem of Lake Seliger in Modern Conditions]. Belyakov V.P., Shaporenko S.I., Eds. Moscow: RAN Publ., 2004. 552 p.
- Subetto D.A. *Donnye otlozheniya ozer: paleolimnologicheskie rekonstruktsii* [Bottom Sediments of Lakes: Paleolimnological Reconstructions]. St. Petersburg: Nauka Publ., 2009. 339 p.
- Subetto D.A. Lake sedimentogenesis of the north of the European part of Russia in the Late Pleistocene and Holocene. *Doct. Sci. (Geogr.) Dissertation*. St. Petersburg: Institute of limnology RAS, 2003. 378 p.
- Tillo A.A. A set of river levels, their fall, and a catalog of absolute heights of water levels in European Russia. *Zh. Minist. Putei Soob.*, 1892, no. 6, 131 p. (In Russ.).
- Tishkov A.A. *Biosfernye funktsii prirodnykh ekosistem Rossii* [Biosphere Functions of Natural Ecosystems of Russia]. Moscow: Nauka Publ., 2005. 309 p.
- Tishkov A.A., Gracheva R.G., Konstantinov E.A., Samus A.V. The Key Section of the Valdai Peat Bog as a Source of Paleoeological and Paleoclimatic Information. *Dokl. Earth Sci.*, 2023, vol. 508, pp. 34–41. <https://doi.org/10.1134/S1028334X22601870>
- Tishkov A.A. 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: Inst. Geogr., Akad. Nauk SSSR, 1979, pp. 30–69. (In Russ.).
- Tishkov A.A. Optimization of the Valdai agricultural landscape. Structure of agricultural lands. *Izv. Akad. Nauk, Ser. Geogr.*, 1994, no. 3, pp. 74–84. (In Russ.).
- Tishkov A.A. Phytogenic mechanisms of stability of terrestrial geosystems. In *Faktory i mekhanizmy ustoichivosti geosistem* [Factors and Mechanisms of Stability of Geosystems]. Moscow: Nauka Publ., 1989, pp. 93–103. (In Russ.).
- Tishkov A.A., Belonovskaya E.A., Tsarevskaya N.G. Lakes-reservoirs of the Valdai National Park and their contribution to the ecological state of the Upper Volga and Neva-Ladoga water systems. In *Vodokhranilishcha Rossiiskoi Federatsii: sovremennyye ekologicheskie problemy, sostoyaniye, upravleniye* [Reservoirs of the Russian Federation: Modern Environmental Problems, Condition, Management]. Novocherkassk: Lik Publ., 2019, pp. 8–15. (In Russ.).
- 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. *Dokl. Earth Sci.*, 2021, vol. 499, pp. 686–692. <https://doi.org/10.1134/S1028334X21080201>
- UN ECE. *Recommendations concerning payments for ecosystem services in the context of integrated water resources management*. New York; Geneva: UN, 2007. 65 p.
- Valdaiskie ozera (Obzor rezul'tatov nablyudenii za 1946–2018 gg.)* [Valdai Lakes (Review of Observation Results for 1946–2018)]. Nedogarko I.V., Ed. St. Petersburg: Real Publ., 2021. 242 p.
- Vedenin Yu.A. *Dinamika territorial'nykh rekreatsionnykh sistem* [Dynamics of Territorial Recreational Systems]. Moscow: Nauka Publ., 1982. 190 p.
- Zaitsev V.M. *Valdai. U istokov velikikh rek* [Valdai. At the Headwaters of the Great Rivers]. St. Petersburg: IPTS SPGUTD Publ., 2009. 148 p.